પદાર્થવિજ્ઞાન અને રસાયણ

યશવંતરાય ગુલાબભાઈ નાયક

એજ્યુકેશનલ બુક્સ કું૦

મુંબઈ ૨.

પદાર્થવિજ્ઞાન

અને

રસાયણ

કર્તા :

ડૉ. યશવંતરાય ગુલાબભાઇ નાયક,

ઍમ. ઍસ્‌સી., પીએચ્. ડી.

અધ્યાપક, ગુજરાત કૉલેજ, **અમદાવાદ.**

(પૃથ્વીનો ઇતિહાસ, સૃષ્ટિવિજ્ઞાન ભા. ૧, ૨, ૩ વગેરેના કર્તા)

(આદ્ય અધ્યાપક, રૉયલ ઇન્સ્ટિટયુટ ઑફ સાયન્સ, મુંબઇ.)

પ્રકાશક :

એજ્યુકેશનલ બુક્સ કું.

આનંદ સાગર બિલ્ડીંગ, ગઝદર સ્ટ્રીટ,

ચીરા બજાર **મુંબઇ ૨.**

સેલીંગ એજન્ટ્સ :

ધી જનરલ બુક ડીપો,

૧૧૮, કેશવબાગ, પ્રિન્સેસ સ્ટ્રીટ મુંબઇ, ૨.

કિંમત રૂા. ૨-૮-૦

સુમનલાલ ન. તલાટી, બી. એ.
એજ્યુકેશનલ બુક્સ કું૦.
આનંદ સાગર બીલ્ડીંગ, ગઝદર સ્ટ્રીટ,
ચીરાબજાર મુંબઇ ૨

આવૃત્તિ ૧, જુન ૧૯૩૬
આવૃત્તિ ૨, જુન ૧૯૩૭
આવૃત્તિ ૩, જુન ૧૯૩૯

મુદ્રક :
જાદવજી પીતાંબર ઠક્કર,
આનંદ પ્રિન્ટિંગ વર્કસ,
દેવકરણ મેન્શન, વિઠ્ઠલદાસ રોડ,
પ્રિન્સેસ સ્ટ્રીટ, મુંબઇ, ૨.

પ્રસ્તાવના

આવૃત્તિ ૧

ગુજરાતી સાહિત્યમાં વિજ્ઞાનની માહિતી આપતાં પુસ્તકો ઓછાં છે, અને જે થોડાં લખાયાં છે તેનું વાચન એટલું ઓછું છે કે ગુજરાતી નાગરીકને વિજ્ઞાનના તથ્યો સમજવાની કે જાણવાની જીજ્ઞાસા હજુ થઇ નથી એમજ કહી શકાય. મુંબઇ યુનિવર્સિટીએ ૧૯૩૭ થી વિજ્ઞાનના વિષયો પણ માતૃભાષામાં લખી શકાય એવી છૂટ મેટ્રીકના વિદ્યાર્થીઓને આપી છે અને વિજ્ઞાનનો અભ્યાસક્રમ પણ થોડો બદલ્યો છે. એ નવા અભ્યાસક્રમ પ્રમાણે જરુરિયાત પૂરી પાડતું ગુજરાતી પાઠ્યપુસ્તક આજ સુધીમાં એક પણ ન હોવાથી મેં આ પુસ્તક લખવાનું કાર્ય છેક મોડું શરૂ કર્યું. પાઠ્યપુસ્તક લખવું એ સહેલું નથી. જેટલીવાર લખાણની વસ્તુ તપાસીએ તેટલી વાર અંદર સુધારા-વધારા કરવાનું નીકળ્યાજ કરે છે. જુન માસમાં વિદ્યાર્થીઓને ઉપયોગમાં આવે એટલા માટે મારે આ પુસ્તક ઘણીજ ઉતાવળથી છપાવવું પડયું છે. વળી પુસ્તક છપાતું હતું એ દર્રમિયાન બીજા અનેક વ્યવસાયો પણ આવી પડવાથી મેં ધારી હતી એટલી કાળજી હું રાખી શકયો નથી અને એટલા પૂરતું કેટલીક જોડણીની ભૂલો સિવાય થોડી અક્ષમ્ય ભૂલો પણ રહી ગઇ છે. એમાંની કેટલીક ભૂલો મારા મિત્રોએ બતાવી છે, અને હજુ પણ બીજી બતાવે એમ આશા રાખું છું. ખાસ કરીને જે અધ્યાપકો આ પુસ્તક તેમના વિદ્યાર્થી માટે ઉપયોગમાં લે, તેમને મારી વિનંતી છે કે આ પુસ્તકમાંની મહત્વની ભુલો જે શુદ્ધિપત્રમાં બતાવી છે તે અને એ સિવાયની બીજી કોઇ મળી આવે તે કાળજીપૂર્વક પહેલેથીજ સુધારી લેવી.

પારિભાષિક શબ્દો વાપરવામાં ઘણા વિદ્વાનોનો મત એવો છે કે બને ત્યાં સુધી સાદા શબ્દો વાપરી ભાષામાં સરળતા રાખવી અને ટેમ્પરેચર થર્મોમિટર, સ્ક્રૂ, ટેલિફોન, વાલ્વ, પિસ્ટન એવા રૂઢ થયેલા શબ્દોને

એમને એમ અપનાવી લેવા. વિજ્ઞાનની પ્રગતી આંતરરાષ્ટ્રિય હોવાથી દરેક ભાષામાં નવી શોધના અને નવીન માહિતી આપતાં પુસ્તકો લખાતાં જાય છે. એટલા માટે બને ત્યાં સુધી દરેક ભાષામાં નવીન મૌલીક શબ્દો ન વાપરતાં અગત્યની ભાષાના શબ્દો અપનાવી લેવામાં આવે છે. એટલા પૂરતું બને ત્યાં સુધી જે શબ્દો સાધારણ માણસો પણ અંગ્રેજીમાં સમજી શકે એમ હોય તેને માટે નવીન શબ્દો ગોઠવવાની અથવા વાપરવાની મેં કાળજી રાખી નથી. દરેક પારિભાષિક શબ્દોની સાથે તેના અંગ્રેજી પર્યાયો વાપર્યા છે એટલે ગુજરાતી ભાષાના કાચા જ્ઞાનવાળા માણસને પણ વાંચવામાં મુશીબત ન પડે.

મને લાગે છે કે આ પુસ્તક મેટ્રિકના વિદ્યાર્થીઓની જરૂરિયાત મોટે ભાગે પૂરી પાડશે. આ પુસ્તકને ભવિષ્યમાં બને એટલું સુધારવાની કાળજી રાખવાનો ઇરાદો છે, પરંતુ એને માટે મારા એકલાના પ્રયત્નો ઓછા પડશે. આથી આ પુસ્તકનો ઉપયોગ કરનાર દરેક શિક્ષક મિત્રને મારી વિનંતી છે કે આ પુસ્તકની ભવિષ્યની આવૃતિ સુધારવામાં ઉપયોગી દરેક સૂચનાઓ મોકલી આપે.

આ પુસ્તકના પ્રકાશન માટે હું ત્રણ વ્યક્તિનો આભારી છું. શ્રી. સુમનલાલ ન. તલાટી અને જાદવજી પીતાંબર ઠક્કર એ બન્નેએ પુસ્તકને છપાવવામાં જે ખંત અને કાળજી રાખી છે તે ન હોત તો હાલના સ્વરૂપમાં પુસ્તક બહાર પાડી જ ન શકત. મારા મિત્ર દયાળજી રામભાઇ નાયકે આ પુસ્તકનું વસ્તુ અને પ્રુફ વાંચી અનેક સુધારા વધારા કરવામાં જે અમૂલ્ય મદદ આપી છે એ બદલ એમનો અત્યંત ઋણી છું.

વેગામ:
(જી. સુરત)
૨૫ મી એપ્રીલ ૧૯૩૬

યશવંત ગુ. નાયક

પ્રસ્તાવના

આવૃત્તિ ૨

ધાર્યા કરતાં પુસ્તકનો સ્વીકાર સારો થયો એટલે આ વર્ષે બીજી સુધારેલી આવૃત્તિ બહાર પાડવાનો વિચાર છેક એપ્રિલમાં કર્યો અને આ વર્ષે પણ ત્વરાથી પુસ્તક છપાવવું પડયું. આમ છતાં આ આવૃત્તિમાં ઘણા મિત્રોની સૂચના અનુસાર પ્રયોગાત્મક પદ્ધતિનું અનુસરણ કર્યું છે. મારૂં માનવું છે કે આ આવૃત્તિથી ગયા પુસ્તકોમાં રહી ગયેલી ઘણીખરી ઉણપો દૂર થઇ છે. આમ છતાં ઉતાવળથી કેટલાક દોષો રહી ગયા પણ હોય, તો એ સુધારી લેવા વિનંતિ છે. આ પુસ્તક પાછળનો મારો પરિશ્રમ આટલાથી અટકતો નથી. અને ભવિષ્યમાં એને સુધારવા તરફ પ્રયત્નો ચાલુ રાખીશ. પારિભાષિક શબ્દોએ હવે કાંઇક રૂઢ સ્વરૂપ ધારણ કર્યું એમ કહીએ તો ખોટું નથી. બીજા પણ આ પ્રકારના પુસ્તકો બહાર પડયાં છે. તેમનો સહકાર મળ્યે શબ્દોના નિયતરૂપ સ્વિકારી તેનો ઉપયોગ કરવાની મારી ઇચ્છા છે.

પુસ્તકનો છેવટનો ભાગ સુધારવામાં મારા એક અંગત મિત્રે મને અમુલ્ય મદદ કરી છે એ બદલ તેનો હું અત્યંત ઋણી છું. શ્રી. શંકરપ્રસાદ રાવલે પણ ભાષાશુદ્ધિ કરવામાં સક્રિય મદદ આપી છે એટલે તેમનો પણ આભાર માનું છું. જે મિત્રોએ અનેક ઉપયોગી સૂચનાઓ મોકલી પુસ્તકને સુધારવા મદદ આપી છે તેમનો પણ આ સ્થળે સહૃદય આભાર વ્યક્ત કરૂં છું.

ઉદ્યોગ ભૂવન,
લેડી હાર્ડીંજ રોડ,
માટુંગા.
તા૦ ૧૪–૬–૩૭.

ય. ગુ. નાયક.

પ્રસ્તાવના

(આવૃત્તિ ૩)

ત્રણ વર્ષમાં આ ત્રીજી આવૃત્તિ પ્રસિદ્ધ કરતાં મને ઘણો હર્ષ થાય છે. ગુજરાતીમાં વિજ્ઞાનની અને ખાસ કરીને પાઠ્ય પુસ્તકોની લેખન શૈલી અને વસ્તુ નિરૂપણમાં હજી ઘણી ઉણપ છે અને તે હજી પણ આ પુસ્તકમાં દેખાશે. વિજ્ઞાનની બાબતને યોગ્ય અને સૂચિત શબ્દોમાં દર્શાવતાં ઘણીવાર મુસીબત પડે છે. અંગ્રેજીમાં પણ વિજ્ઞાનની ભાષા વિશિષ્ટ પ્રકારનીજ છે. એજ પ્રમાણે ગુજરાતીમાં પણ વિજ્ઞાનની ભાષા રૂઢ થતાં હજી સમય લાગશે. પારિભાષિક શબ્દોને અંગે પણ એવીજ મુશીબત ઉભી થાય છે.

પારિભાષિક શબ્દો કંઇક નિશ્ચયી અને અંતિમ સ્વરૂપ પકડે તે માટે મેં કેટલાક પ્રયાસ કર્યા છે અને તેમાં અનેક લેખકોએ બહુજ ઉત્સાહપૂર્વક ટેકો આપ્યો છે. એ કાર્ય ટૂંક સમયમાં પૂર્ણ થશે એટલે ભવિષ્યની આવૃત્તિમાંજ અંતિમ ફેરફાર કરી શકાશે.

આ પુસ્તકમાં પણ કેટલીક નવી વસ્તુ અને આકૃતિઓ દાખલ કરી છે એથી આ પુસ્તકના કદમાં પણ ઘણો વધારો થયો છે. મને લાગે છે કે આ સુધારાવધારાથી પુસ્તકમાં રહેલી ઘણીએક ઉણપો દૂર થઇ છે.

આ પુસ્તકમાં રમેશચંદ્ર ગુલાબભાઇ નાયક (ઇસ્માઇલ કૉલેજ, અંધેરી) તથા બીજા એક અંગદ મિત્રે અનેક સૂચનો કરી સુધારવામાં જે મદદ કરી છે તેને માટે હું તેમનો અત્યંત આભારી છું.

ગુજરાત કૉલેજ
અમદાવાદ
તા. ૨૦-૬-૩૯

ય. ગુ. નાયક

અનુક્રમણિકા

પદાર્થ વિજ્ઞાન

પ્રકરણ		પાનું

રસાયણ

પદાર્થવિજ્ઞાન

પદાર્થવિજ્ઞાન

પ્રકરણ ૧

નિયમ અને લંબાઇના માપ

૧. વિજ્ઞાન એટલે શું ? જગતની અંદર દેખાતી અથવા અનુભવમાં આવતી વસ્તુમાં અનેક જાતના પરિવર્તનના ક્રમ ચાલ્યા કરે છે. એ સર્વની પાછળ કયાં બળો પ્રવર્તી રહેલાં છે અને એ ક્રમ કયા નિયમોને આધારે ચાલે છે એનો અભ્યાસ વિજ્ઞાન કરે છે. ટૂંકમાં વિજ્ઞાન એટલે વિશ્વના ક્રમની પાછળ રહેલાં સત્યની શોધ.

૨. પદાર્થવિજ્ઞાન. વિશ્વની અંદર રહેલાં જુદા જુદા તત્ત્વોમાં અને વસ્તુઓમાં અમુક જાતના નિયમોને અનુસરીને ફેરફાર થાય છે. આ ફેરફારો અનેક જાતના હોય છે. વનસ્પતિ કેમ ઉગે છે, કયારે ઉગે છે, કેવી રીતે ઉગે છે, એની રચના કેવી હોય છે, વગેરે જાતના અભ્યાસનો એક વિભાગ કરવામાં આવ્યો છે. ધાતુ, ક્ષારો, પાણી, હવા વગેરેનું બંધારણ અને એ રસાયણની અરસપરસ ક્રિયાની શું અસર થાય છે તેના અભ્યાસનો એક બીજો વિભાગ પાડવામાં આવ્યો છે. વનસ્પતિના અભ્યાસને વનસ્પતિશાસ્ત્ર કહેવામાં આવે છે. ધાતુ અને રસાયણના અભ્યાસને રસાયણશાસ્ત્ર કહેવામાં આવે છે. એજ રીતે પદાર્થવિજ્ઞાન પણ ભૌતિક બળોનો અને જડ દ્રવ્યના અમુક જાતના ફેરફારોનો, ગુણધર્મોનો અને કાર્યકારણોનો અભ્યાસ કરે છે. વિજળીથી ટ્રામ, પંખા અને દીવા કેમ ચાલે છે, ઘડિયાળના લોલકો કેવી રીતે સમયનું માપ રાખે છે, ઘણા

મોટાં વજનવાળી સ્ટિમરો પાણી ઉપર શાથી તરે છે, વિમાન હવામાં કયા બળને આધારે ઉડે છે, પાણીનું બરફ કેમ બને છે, ગ્રામોફોનમાંથી અવાજ કેમ નીકળે છે, ચશ્મા વડે નબળી આંખવાળા શાથી સારૂં જોઇ શકે છે, વગેરે અનેક પ્રશ્નોનો જવાબ પદાર્થવિજ્ઞાન આપે છે. આમ છતાં પદાર્થવિજ્ઞાનને બીજા વિભાગોથી તદ્દન ભિન્ન ગણી શકાતો નથી કારણ કે વિજ્ઞાનના પ્રત્યેક વિભાગને એકબીજા સાથે ઓછોવત્તો સંબંધ હોય છે. ટૂંકમાં પદાર્થવિજ્ઞાન નીચેના વિભાગોનો અભ્યાસ કરે છે :

(૧) દ્રવ્યના સામાન્ય ગુણધર્મો (Properties of Matter)
(૨) ઉષ્ણતા (Heat)
(૩) પ્રકાશ (Light)
(૪) ધ્વનિ (Sound)
(૫) ચુંબકત્વ (Magnetism)
(૬) વિદ્યુત (Electricity)

૩. નિયમો (Laws) ઉપરના વિભાગોનો ક્રમવાર અભ્યાસ કરતાં માલૂમ પડે છે કે દરેક જાતની ઘટનામાં અથવા ફેરફારોમાં અમુક જાતનો નિયમ રહેલો હોય છે. દાખલા તરીકે પાણીને શૂન્ય ડીગ્રી (સેન્ટિગ્રેડ) સુધી ઠંડુ કરીએ તો તેનું બરફ થવા લાગે છે. આ પ્રયોગ પૃથ્વીના કોઇ પણ ભાગ ઉપર કરીએ તોપણ એ જ પરિણામ માલૂમ પડે છે. આ ઉપરથી આપણે એક નિયમ ઘડી શકીએ કે શૂન્ય ડીગ્રીએ પાણીનું બરફ થવા લાગે છે. આ રીતે અનેક જાતના નિયમોની તારવણી કરીએ તો એ નિયમો વડે આપણે અમુક જાતની ક્રિયાનું અમુક જ પરિણામ આવશે

એમ નક્કી કરી શકીએ છીએ. કારણ અને પરિણામ (cause and effect) નેા એક બીજા ઉપરનેા આધાર તેને નિયમ કહેવામાં આવે છે.

૪. નિયમ અને માપ.
Laws and Measurements

દરેક નિયમ ઘડવામાં હંમેશાં અમુક જાતના માપ કાઢવાં પડે છે. મેાટરની ગતિ શેાધવી હેાય, ગાડીના એન્જીનની કાર્યશક્તિ (power) જાણવી હેાય, એક વસ્તુનું કદ જાણવું હેાય તેા એ સર્વ ગણતરીમાં અમુક પ્રકારે માપ કાઢવાં પડશે. એ સર્વ જાતના માપેામાં સરળતા આવે તેટલા માટે ગતિ, શકિત, કદ વગેરે અનેક જાતની રાશિ (quantity) ના માપ માટે જુદા જુદા એકમેા (units) લેવા પરવડે તેમ નથી. એ સર્વ રાશિના માપ માત્ર ત્રણ જાતના એકમેા (units) વડે કાઢી શકાય છે. **વજન** (દ્રવ્યમાન) (Mass), લંબાઈ (Length) અને સમય (Time) એ ત્રણને મૂળ રાશિ (fundamental quantities) ગણવામાં આવ્યાં છે અને તેમના એકમેા મૂળભૂત એકમ (fundamental-units) કહેવાય છે. એ ત્રણ એકમેા વડે ઘણાખરાં બીજા માપેા કાઢી શકાય છે.

[લંબાઇ, દ્રવ્યમાન અને સમય એ ત્રણ મૂળભૂત એકમેાના માપ બે પદ્ધતિમાં નક્કી કરેલાં છે. એક બ્રિટિશ પદ્ધતિ છે અને બીજી મેટ્રિક અથવા દશાંશ પદ્ધતિ છે. બ્રિટિશ પદ્ધતિમાં લંબાઇનેા એકમ વાર છે, દ્રવ્યમાન (વજન) નેા એકમ પાઉન્ડ (રતલ) છે અને સમયનેા એકમ સેકન્ડ છે. દશાંશ પદ્ધતિમાં લંબાઇનેા એકમ મિટર છે, દ્રવ્યમાન (વજન) નેા એકમ ગ્રામ છે અને સમયનેા એકમ સેકન્ડ છે. આ પ્રમાણે વાર, પાઉન્ડ અને સેકન્ડ તથા મિટર, ગ્રામ અને સેકન્ડ એ મૂળભૂત એકમેા (fundamental units) છે. ગતિ, કદ,

શક્તિ, કાર્ય વગેરેના માપ કાઢવા માટે જે એકમો વપરાય છે તેને સાધિત એકમો (derived units) કહેવામાં આવે છે.

દાખલા તરીકે એક વસ્તુનું કદ સો ઘન સેન્ટિમિટર છે એમ કહેવામાં આવે છે. કદનું માપ કાઢવામાં લંબાઇ, ઊંચાઇ અને પહોળાઇના માપ સેન્ટિમિટરમાં કાઢવામાં આવે છે અને એ ત્રણેને ગુણતા કદનું માપ ઘન સેન્ટિમિટરમાં નીકળે છે. એક ગાડીની ગતિ માપવી હોય તો આપણને બે મૂળ એકમનો આધાર લેવો પડશે. એક કલાકમાં ગાડી જેટલું અંતર કાપે તેને ગતિ કહેવામાં આવે છે. એટલે લંબાઇ અને વખત એ બે મૂળ એકમો વડે ગતિ મપાય છે. ટૂંકમાં પદાર્થવિજ્ઞાનમાં આવતી કોઇ પણ રાશિ (quantity) નું માપ દ્રવ્યમાન (mass), લંબાઇ (length) અને સમય (time) ના મૂળભૂત એકમ વડે કાઢી શકાય છે. બળ, વેગ, શક્તિ, ઘનતા, વગેરે વડે વસ્તુના ગુણધર્મો જાણી શકાય. એટલે એ પ્રત્યેકને ભૌતિક રાશિ (physical quantity) કહેવામાં આવે છે અને તેમના એકમોને સાધિત એકમો (derived units) કહેવામાં આવે છે.]

૫. લંબાઇના એકમો Units of Length

કોઈપણ વસ્તુના એક છેડાથી બીજા છેડાના અંતરને તેની લંબાઈ કહેવામાં આવે છે. એ ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે લંબાઇ હંમેશાં ઘન વસ્તુને જ (solids) હોય છે. પ્રવાહી અથવા વાયુને નિયત (fixed) આકાર ન હોવાથી લંબાઇ હોતી નથી. જૂના કાળમાં વસ્તુની લંબાઇ માપવા માટે લોકો જુદી જુદી રીતનો ઉપયોગ કરતા. હજી પણ કોઇ દુકાને કાપડ ખરીદતી વખતે લોકો હાથ વડે તેનું માપ લે છે. આ પ્રથા ચોકક્સ માપ કાઢવા માટે ઉપયોગી હોતી નથી, કારણ કે બધા માણસના હાથની લંબાઈ એક સરખી હોતી નથી. આથી જો અમુક અંતર મુકરર કરી તેના

વડે જ બીજા દરેક લંબાઈના માપ લેવામાં આવે તો ગોટાળો થવાનો સંભવ ન રહે. આ રીતે લંબાઇના માપ લેવા નિયત (fixed) કરેલાં અંતરને લંબાઇનો એકમ (unit) કહેવામાં આવે છે. અમુક લંબાઇનું માપ આવા એકમ અને આંક (અમુક સંખ્યા) વડે દર્શાવી શકાશે. એક વસ્તુની લંબાઈમાં મુકરર કરેલો એકમ કેટલીવાર સમાય છે તે આંક વડે દર્શાવાય છે. અમુક વસ્તુની લંબાઇ ૬ ફૂટ છે એમ કહીએ તો તેમાં ૬ આંક (સંખ્યા) છે અને ફૂટ લંબાઇનો એકમ છે.

હાલમાં જુદાં જુદાં માપ કાઢવા માટે બે પદ્ધતિ ચાલુ છે; એક બ્રિટિશ અને બીજી દશાંશ (મેટ્રિક). બ્રિટિશ પદ્ધતિમાં લંબાઇનો એકમ (unit) યાર્ડ (વાર) છે. લંડનના બોર્ડ ઑફ ટ્રેડની કચેરીમાં રાખેલા પ્લેટિનમના સળિયા ઉપર શૂન્ય ડીગ્રી સેન્ટિગ્રેડ ટેમ્પરેચરે બે મુકરર કરેલાં બિંદુ વચ્ચેના અંતરને યાર્ડ કહેવામાં આવે છે. દશાંશ પદ્ધતિમાં પેરિસના મ્યુઝિયમમાં રાખેલાં પ્લેટિનમના સળિયા ઉપર કરેલા બે બિંદુ વચ્ચે શૂન્ય ડીગ્રી સેન્ટિગ્રેડે જે અંતર થાય છે તેને લંબાઈનો એકમ ગણવામાં આવે છે અને તેને મિટર (meter) કહેવામાં આવે છે.

યાર્ડનો એકમ પહેલાં હેન્નરી રાજાના હાથની લંબાઇ ઉપરથી મુકરર કર્યો હોવાનું કહેવાય છે. દશાંશ પદ્ધતિમાં પેરિસથી પસાર થતી મેરિડિયન (અક્ષાંશ) ના વિષુવવૃત્તથી ઉત્તર ધ્રુવ સુધીના અંતરને માપી તેના ૧,૦૦,૦૦,૦૦૦ સરખા ભાગ કરીને તેમાંના એક ભાગની લંબાઇને મિટર તરીકે લેખવામાં આવ્યો છે. પાછળથી માલૂમ પડયું છે કે વિષુવવૃત્તથી ધ્રુવના અંતરનું માપ બહુ ચોક્કસ ન હતું, છતાં હવે તો પેરિસમાં

રાખેલો નમુનો જ એકમ તરીકે લેવાય છે.

બહુ મોટાં અથવા બહુ નાનાં લંબાઇના માપ કાઢવાં યાર્ડ અથવા મિટર ઉપયોગમાં ન આવી શકે. દા. ત. મુંબઈથી અમદાવાદનું અંતર માપવું હોય અગર એકાદ પતરાંની જાડાઇ માપવી હોય તો ઉપરના એકમો સગવડ પડતા નથી. એટલા માટે ઉપરના એકમ (યાર્ડ અને મિટર) નો આધાર લઈ બીજા નાના મોટા એકમો બનાવવામાં આવ્યાં છે. તે સઘળા નીચેના કોષ્ટકમાં બતાવ્યા છે.

બ્રિટિશ પદ્ધતિ

૧ ફૂટ (ફૂ.)=$\frac{૧}{૩}$ યાર્ડ (યા.)	૧ ફર્લાંગ = ૨૨૦ યાર્ડ
૧ ઈંચ (ઇ.)=$\frac{૧}{૩૬}$ યાર્ડ (વાર)	૧ માઇલ (મા.)=૧૭૬૦ યાર્ડ

દશાંશ પદ્ધતિ

૧ ડેસીમિટર (ડેસીમિ.) = $\frac{૧}{૧૦}$ મિટર (મિ.)

૧ સેન્ટિમિટર (સેમિ.) = $\frac{૧}{૧૦૦}$ મિટર

૧ મીલીમિટર (મીમિ.) = $\frac{૧}{૧૦૦૦}$ મિટર

૧ ડેકામિટર (ડેકા મિ.) = ૧૦ મિટર

૧ હેક્ટોમિટર (હેમિ.) = ૧૦૦ મિટર

૧ કીલોમિટર (કીમિ.) = ૧૦૦૦ મિટર

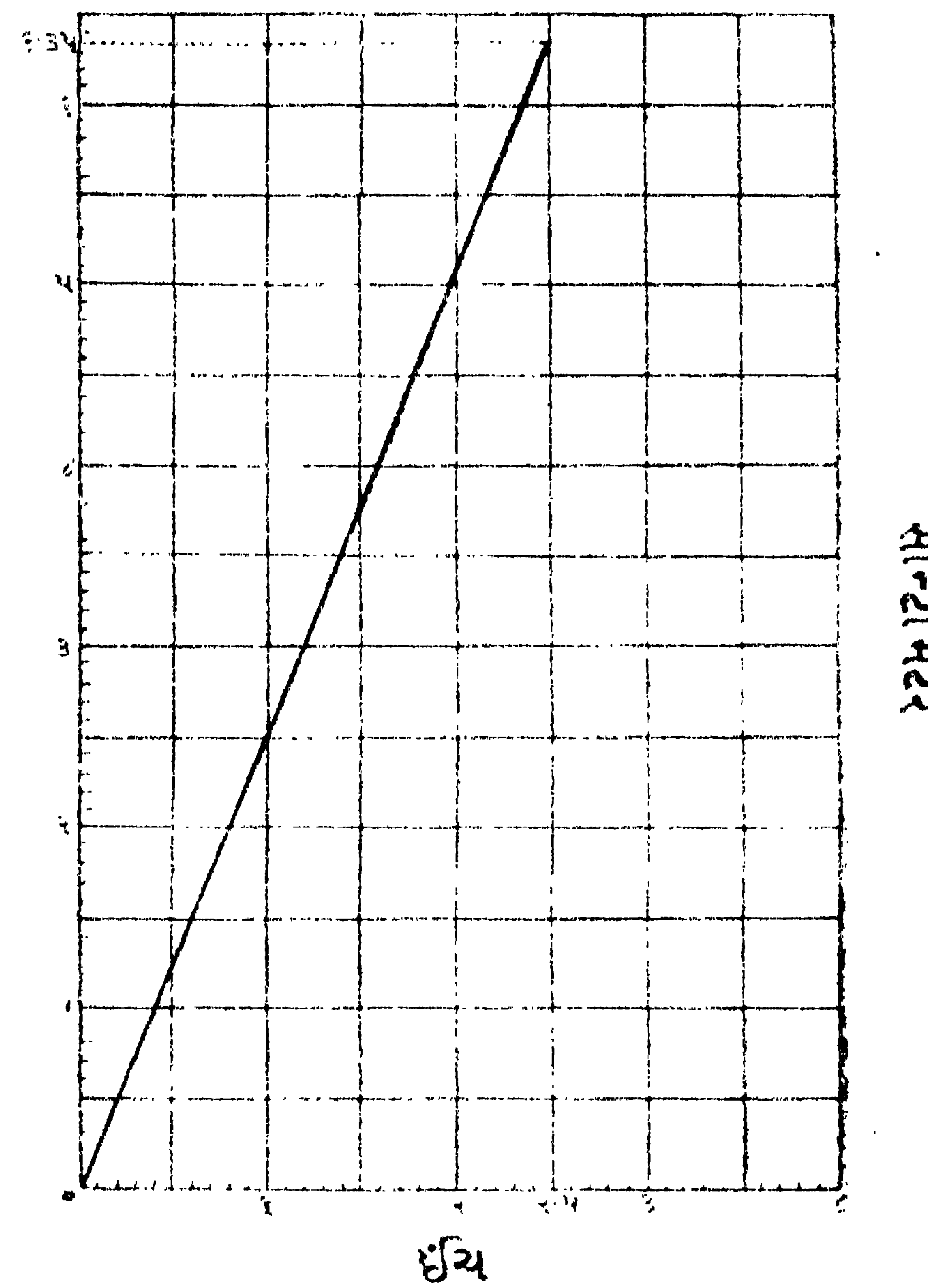
(ઉપરનાં કોષ્ટકમાં કૌંસમાં માપનું ટુંકું રૂપ લખવામાં આવ્યું છે.)

ઈંચ અને સેન્ટિમિટરનો સંબંધ

૧ ઇંચ = ૨·૫૪ સેન્ટિમિટર	૧ સેન્ટિમિટર = ૦·૩૯૩૭ ઇંચ
૧ ફુટ = ૩૦·૪૮ મિટર	૧ મિટર = ૧·૦૯૪ યાડ
	૧ કીલોમિટર = ૦·૬૨૧૪ માઇલ

પ્રયોગઃ—

આકૃતિ ૧.



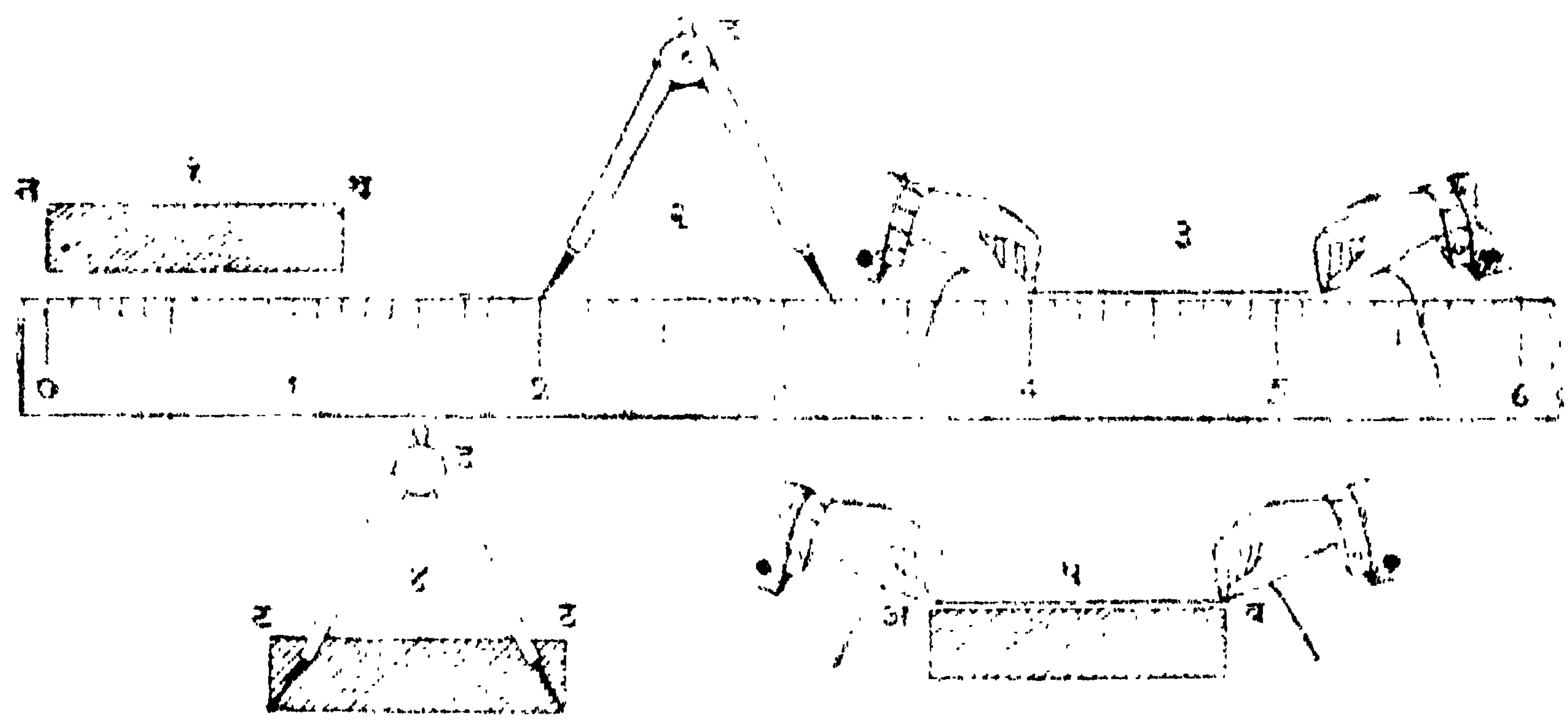
ઇંચ અને સેન્ટિરનો સંબંધ દર્શાવતો ગ્રાફ

એક ગ્રાફ પેપર લઇ તેની x-axis ઉપર ઇંચના માપ નોંધો અને y-axis ઉપર સેન્ટિમિટરના માપ નોંધો. નાના મોટી લીટીની લંબાઇ ઇંચ અને સેન્ટિમિટરમાં માપો. પછી એ લંબાઇના માપ ઉપરથી ગ્રાફ દોરો (આકૃતિ ૧). એ ગ્રાફ ઉપરથી અમુક ઇંચની લંબાઇનું માપ સેન્ટિમિટરમાં શોધી કાઢો.

૬. લંબાઇ માપવાના સાધન લંબાઇ માપવા માટે ઘણુંખરું લાકડાની માપપટી વપરાય છે. તેની એક બાજુ ઇંચના અને $\frac{1}{10}$ ઇંચના અને બીજી બાજુ સેન્ટિમિટર અને મિલિમિટરના આંક પાડેલા હોય છે. દુકાનોમાં એક યાર્ડ (વાર) ની લંબાઇના ધાતુના સળિયા વપરાય છે. જમીન માપવા માટે સાધારણ રીતે કપડાંની લાંબી પટીનો ઉપયોગ થાય છે. એ કપડાંની પટી ઉપર ફૂટ અને ઇંચના આંકો પાડેલા હોય છે.

૭. સીધી લીટીનું માપ જો સીધી વસ્તુની લંબાઈ માપવી હોય તો તેનું માપ નીચેના પ્રયોગ વડે નીકળી શકશે.

આકૃતિ ૨.



લંબાઇ માપવાની જુદી જુદી રીતો.

પ્રયોગોઃ–(અ) ત થ વસ્તુના બન્ને છેડાને જોડનારી સીધી લીટીમાં ફૂટપટી રાખો. પછી ફૂટપટી ઉપર બંને છેડા આગળ આવતા આંકડા વાંચો. મોટા આંકડામાંથી નાનો આંકડો બાદ કરો તો વસ્તુની લંબાઇ મળે છે. (જો પહેલો છેડો ફૂટપટીના શૂન્ય આંકડા પર હોય, તો બીજો છેડા પર આવતો આંકડો વસ્તુની લંબાઇ દર્શાવશે). અહિં એક વાત એ ધ્યાનમાં લેવાની છે કે જ્યારે ફૂટપટી પરનો આંકડો જોવો હોય ત્યારે વસ્તુના છેડા ઉપર શિરોલંબ (vertical) દૃષ્ટિ રાખવી.

(બ) આ રીતમાં ડિવાઇડરનો ઉપયોગ થાય છે. પહેલાં ડિવાઇડર ના એક છેડાને ટ પર રાખી બીજો છેડો ઠ પર આવે એટલે તેને પહોળો કરો (આકૃતિ ૨. ૪). ત્યાર પછી ડિવાઇડરને ટઠ પરથી ઉઠાવી લઇ ફૂટપટી ઉપર મૂકવાથી તેની લંબાઇ મળે છે (આકૃતિ ૨,૨).

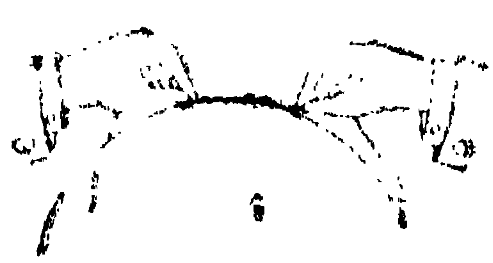
(ક) ઘણીખરી વખત ફૂટપટીને વસ્તુ ઉપર મૂકવાનું અગવડ ભરેલું થઇ પડે છે ત્યારે લંબાઇ માપવા દોરીનો ઉપયોગ કરવો પડે

છે. એવી વસ્તુની લંબાઇ નીચે પ્રમાણે માપો. ડાબા હાથમાં અંગૂઠા અને પહેલી આંગળી વડે એકાદ બારીક દોરી પકડો. દોરીના પકડેલાં બિંદુને અ આગળ રાખો. (આકૃતિ ૨,૫) ત્યાર બાદ દોરીને બ તરફ લંબાવો. જ્યાં બ છેડો આવે ત્યાં દોરીને હાથ વડે પકડીને ઉઠાવી લો. પછી આકૃતિ (૨,૩) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એ હાથ વડે પકડેલા ભાગની દોરીને ફૂટપટી પર લંબાવીને મૂકી વસ્તુની લંબાઇ શોધી કાઢો.

૮. વાંકવાળી વસ્તુની લંબાઈનું માપ

જો વસ્તુ વાંકવાળી હોય તો તેની ઉપર ફૂટપટી મૂકવાથી કે ડિવાઇડરની મદદથી લંબાઇ મળશે નહિ, પરંતુ તેને માટે ઉપર દર્શાવ્યા મુજબ દોરીનો ઉપયોગ કરવો પડશે.

આકૃતિ ૩.



વાંકા લીટીની લંબાઇ માપવાની રીત-

પ્રયોગ :—

પહેલાં દોરીને એક હાથે પકડી વસ્તુના છેડાના બંને બિંદુ પૈકી ડાબા તરફના બિંદુ પર એ ભાગ રાખો (આકૃતિ ૩.) પછી હાથમાંથી દોરી સેરવો અને જ્યારે વસ્તુનો બીજો છેડો આવે ત્યાં દોરીને પકડી ઉઠાવી લો. એ દોરીના ભાગને ફૂટપટી પર મૂકી તેની લંબાઇ માપો. એ રીતે વાંકવાળી વસ્તુની લંબાઇનું માપ નીકળે છે.

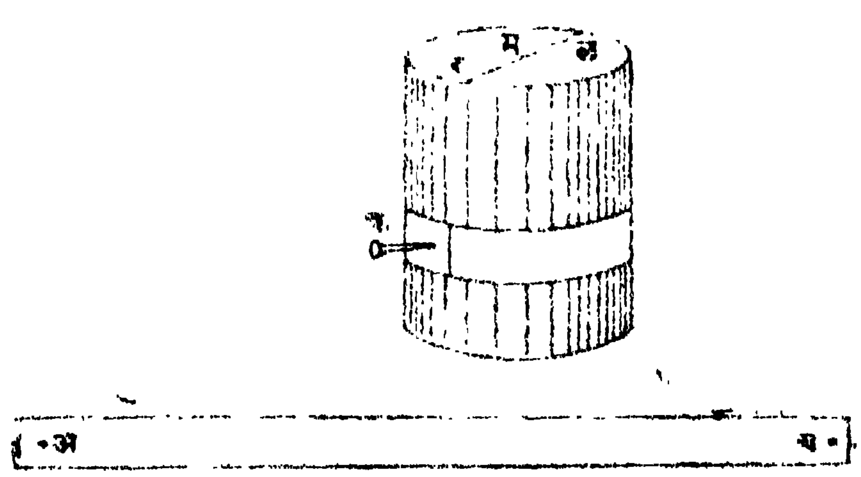
૯. નળી અને ગોળાના પરિઘ (Circumference) અને વ્યાસ (Diameter) નું માપ

પ્રયોગઃ-(૧) કોઇ નળીના પરિઘનું માપ કાઢવું હોય તો ઉપર બતાવ્યું તેમ દોરીનો ઉપયોગ કરો. નળીના વર્તુલ સપાટી પર દોરીનો એક આંટો મારો અને જ્યાં આગળ આંટો પૂરો થાય ત્યાં દોરીના મળતાં બંને બિંદુ પર નિશાની કરો. પછી દોરી લાંબી કરી બંને બિંદુ વચ્ચેનું અંતર ફૂટપટીથી માપો. આ પ્રમાણે નળીના પરિઘ (circumference)

નું માપ નીકળશે. આ રીતમાં ધ્યાન રાખવાની વાત એટલી જ છે કે દોરીનો આંટો નળીની ધરી (axis)ની લંબ (perpendicular) સપાટીમાં હોવો જોઇએ નહિતર લંબાઇ વધુ આવશે. (આ રીતનો ઉપયોગ કરી ગોળાના પરિઘનું ચોક્કસ માપ કાઢવું મુશ્કેલ છે.)

(૨) નળીના ગોળાના પરિઘ માપવા માટે એક બીજી પણ રીત છે. પ્રથમ નળી અથવા ગોળાને એક કાગળમાં ચુસ્ત વિંટાળો. એ કાગળના ભાગ પર એકાદ જગ્યાએ ટાંકણી क વડે કાણું પાડો (આકૃતિ ૪). ત્યાર બાદ કાગળને ઉકેલી લઇ બે લગોલગ કાણાં अ અને ब વચ્ચેનું અંતર માપો. આ પ્રમાણે પરિઘનું માપ નીકળશે.

આકૃતિ ૪



નાળાકારનો વ્યાસ માપવાની રીત

(૬) નીચે બતાવ્યા પૈકી એકાદ રીતે ગોળા કે નળીના વ્યાસની (diameter) લંબાઇ કાઢો અને પછી તેના પરથી નીચેના સમીકરણથી પરિઘનું માપ શોધી કાઢો.

$$\text{પરિઘ} = \pi \times \text{વ્યાસ} \ (\pi = 3{\cdot}14 \text{ અથવા } \tfrac{22}{7})$$

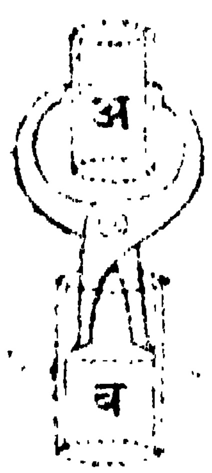
$$\text{circumferece} = \pi \times \text{diameter}.$$

(अ) જો નળી ઘન હોય તો તે નળીના છેદ ઉપર મધ્યબિંદુ म આગળ નિશાની કરી તેમાંથી रमल એક આખી લીટી દોરવી (આકૃતિ ૪). એ લીટીની લંબાઇ વ્યાસનું માપ આપશે.

(ब) વ્યાસ માપવા માટે કેલીપર્સ નામનું સાધન વપરાય છે (આકૃતિ ૫). તેના ब બાજુના ભાગથી નળીની અંદરનો વ્યાસ માપી શકાય છે. જ્યારે अ બાજુથી બહારનો વ્યાસ માપી શકાય છે. બહારના વ્યાસ માપવા માટે પ્રથમ अ ભાગને બને તેટલો પહોળો કરો. પછી નળી પર લાવી હાથ વડે સાંકડી કરો, अ ના બંને છેડા નળીને અડકશે ત્યારે એ વધુ દબાશે નહિ. अ ના બન્ને છેડા નળીના

વ્યાસ પર પડયા છે કે નહિ તેની ખાતરી કરવા નળીને આમ તેમ સ્હેજ ખસેડેા. આમ કરવાથી अ ના બન્ને છેડાની વચ્ચે વધુમાં વધુ અંતર આવે ત્યારે તેને ઉઠાવી લઇ (ડિવાઇડરની માફક) એ અંતરને ફૂટપટી ઉપર માપેા. આ પ્રમાણે બહારના વ્યાસનું માપ મળે છે.

આકૃતિ ૫.

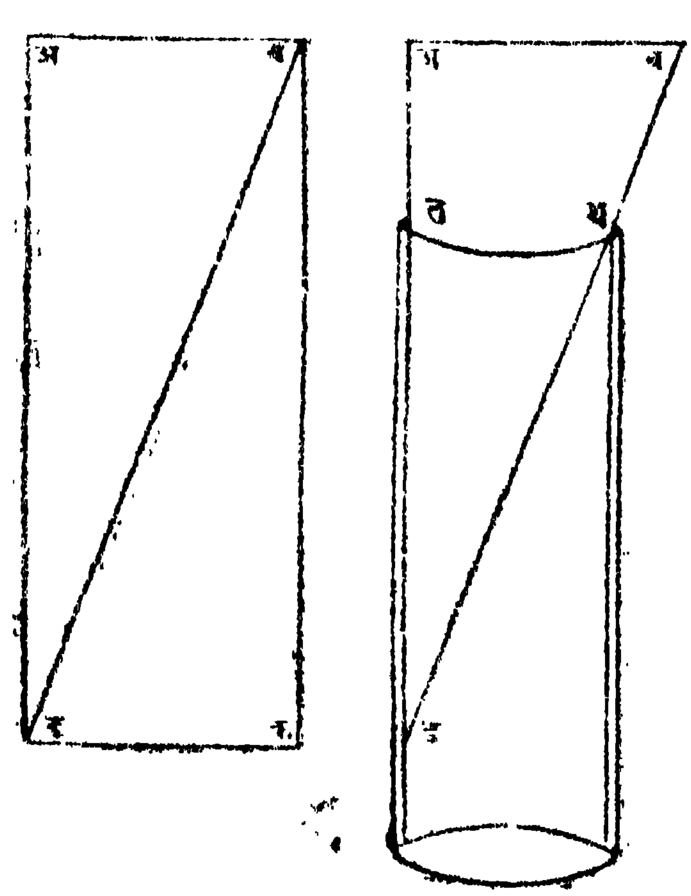


કેલીપર્સ

અંદરના વ્યાસ માપવા માટે કેલીપર્સના ब ભાગને પ્રથમ નળીમાં દાખલ કરી તેને બન્ને એટલેા પહેાળા કરેા (આકૃતિ ૫). પછી તેને બહાર કાઢી લઇ ફૂટપટી વડે એ અંતર માપેા. આ પ્રમાણે અંદરના વ્યાસની લંબાઇ મળે છે.

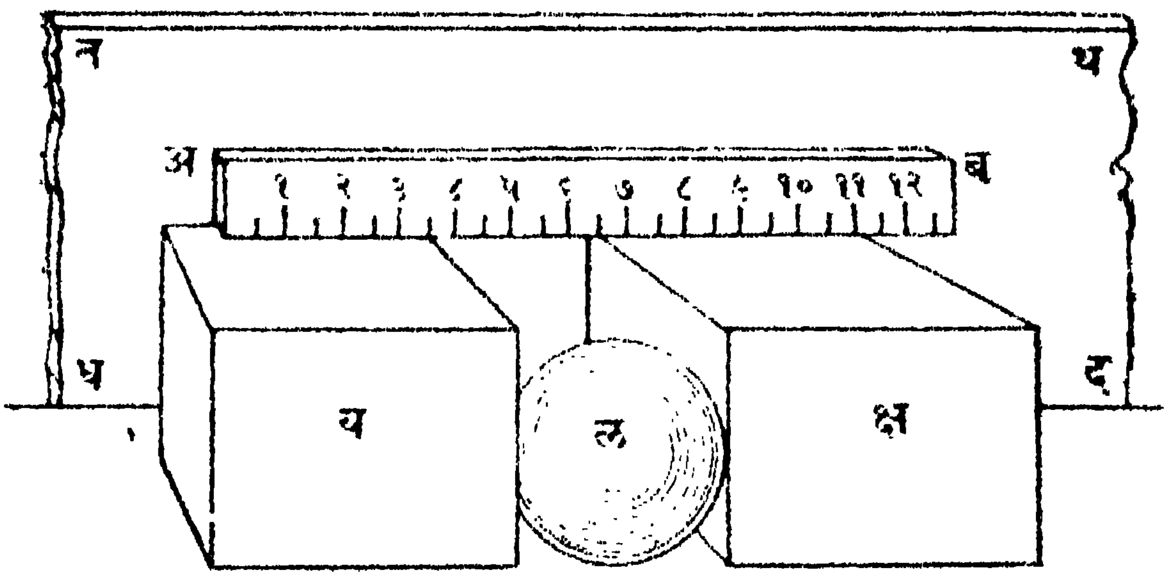
(क) જો કેલીપર્સ ન મળે તેા ત્રિકેાણ વડે પણ અંદરના વ્યાસની લંબાઇ મળી શકે છે. આકૃતિ (૬,૧)માં બતાવ્યેા છે તેવેા अ ब क ड

આકૃતિ ૬.



કાગળનેા એક લંબચેારસ કટકેા લેા. તેને કર્ણ ब ड ઉપર કાપેા. અને अ ब ड ત્રિકેાણ તૈયાર કરેા. હવે જે નળીનેા અંદરનેા વ્યાસ માપવેા હેાય તેમાં ड છેડાને દાખલ કરી ત્રિકેાણને આપેાઆપ અંદર જવા દેા. જ્યારે.ત્રિકેાણની अ ड અને थ ड બન્ને બાજુ એકી સાથે નળીને અડકશે ત્યારે તે અંદર જતું અટકી જશે. (આકૃતિ ૬,૨). જે જે બિન્દુ આગળ ब ड અને अ ड બાજુ નળી અડકે છે (त અને थ) ત્યાં નિશાની કરેા. પછી ત્રિકેાણને બહાર કહાડી ફૂટપટી વડે तथ અંતર માપી વ્યાસની લંબાઇ માપેા.

આકૃતિ ૭.

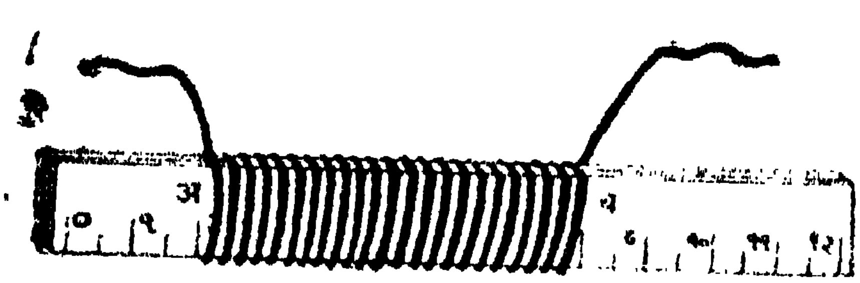


ગોળાના વ્યાસનું માપ

(ड) બહારનો વ્યાસ માપવા માટે નીચેની રીત વાપરો. આકૃતિ (૭)માં अब એક ફૂટપટી છે. તેની પાછળ રહેલા પાટિયાં तथदध ને અડીને રહે એવા क्ष અને य એ લંબચોરસ ઘન લો. ગોળા लनो વ્યાસ માપવા માટે તેને એ બન્ને ઘનની વચ્ચે મૂકી બન્નેને એક બીજા તરફ ખસેડો. જ્યારે તે ઘનો ગોળાને અડકે ત્યારે ફુટપટી (अब) વડે બન્ને ઘનોનું અંતર જુઓ. આ પ્રમાણે વ્યાસની લંબાઇનું માપ નીકળે છે.

(ढ) તાર અગર દોરીનો વ્યાસ નીચે પ્રમાણે માપો. એક ફૂટપટી ઉપર થોડા અંતરે अ અને ब એ બિંદુ લો (આકૃતિ ૮). હવે તાર કે દોરીને अ આગળથી ફૂટપટી ઉપર થોડા અંતરે એવી રીતે વિંટાળો કે જેથી દરેક આંટો આજુબાજુના આંટાને અડીને રહે. ब સુધી આંટા વિંટાળી કેટલા આંટા થયા તે ગણો. હવે अब અંતરને આંટાની સંખ્યાએ ભાગી તાર કે દોરીના વ્યાસનું માપ કાઢો. તારના વ્યાસ માપવા માટે માઇક્રોમિટર સ્ક્રૂ નામનું સાધન પણ વપરાય છે. તેનાથી દોરા જેવી પોચી વસ્તુનો વ્યાસ મપાતો નથી.

આકૃતિ ૮.



દોરીનો વ્યાસ માપવાની રીત.

૧૦ ક્ષેત્રફળ (Area) અને તેનું માપ. કોઇપણ વસ્તુની સપાટીના વિસ્તારને તેનું ક્ષેત્રફળ કહે છે. કોઇ દુકાને કાપડ લેવા જઇએ ત્યારે આપણે કપડું કેટલા

વાર મળે છે એટલું જ નહિ જોતાં, તેની પહોળાઇનો પણ વિચાર કરીએ છીએ. જો કોઇ વસ્તુનું ક્ષેત્રફળ શોધવું હોય તો આપણને માપવા માટે તેના એકમની જરૂર પડશે. એ એકમને લંબાઇના એકમ પરથી બનાવી લીધો છે. બ્રિટિશ પદ્ધતિમાં એક ફૂટ લાંબા અને એક ફૂટ પહોળા ચોરસના ક્ષેત્રફળને એકમ તરીકે લેવામાં આવ્યો છે અને તેનું મૂલ્ય એક ચોરસ ફૂટ (ચો. ફૂ.) છે, જ્યારે દશાંશ પદ્ધતિમાં એક ચોરસ સેન્ટિમિટર (ચો. સેમિ.) ને એકમ તરીકે ગણવામાં આવ્યો છે, અને તે એક સેન્ટિમિટર લાંબા અને એક સેન્ટિમિટર પહોળા ચોરસના ક્ષેત્રફળ બરાબર છે.

૧ ચોરસ યાર્ડ = ૯ ચોરસ ફૂટ. (ચો. ફૂ.)
૧ ચોરસ ઈંચ = $\frac{૧}{૧૪૪}$ ચોરસ ફૂટ. (ચો. ફૂ.)
૧ ચોરસ મિટર = ૧૦૦૦૦ ચોરસ સેન્ટિમિટર. (ચો. સેમિ.)
૧ ચોરસ મીલીમિટર = $\frac{૧}{૧૦૦}$ ચોરસ સેન્ટિમિટર. (ચો. સેમિ.)

જો કોઇ ચોરસ કે લંબચોરસ વસ્તુનું ક્ષેત્રફળ શોધવું હોય તો તેની લંબાઈ અને પહોળાઈ માપી બંનેનો ગુણાકાર કરવાથી તેનું ક્ષેત્રફળ મળે છે. પરંતુ અહિં એટલું ધ્યાનમાં રાખવું ખાસ જરૂરનું છે કે લંબાઇ અને પહોળાઇ માપવા માટે એકજ જાતનો લંબાઇનો એકમ વાપરવો. કોઇ સપાટીનું ક્ષેત્રફળ લખતી વખતે પહેલાં લંબાઇ અને પહોળાઇનો ગુણાકાર કરતાં જે સંખ્યા આવે તે લખવી. ત્યાર બાદ 'ચોરસ' શબ્દ લખવો અને પછી જે એકમમાં લંબાઈ અને પહોળાઇ માપી હોય તે લખવું. દાખલા તરીકે એક વસ્તુની લંબાઇ ૫ ફૂટ અને પહોળાઇ ૩ ફૂટ હોય તો તેનું ક્ષેત્રફળ ૧૫ ચોરસ ફૂટ (૫×૩ ચો. ફૂ.) કહેવાય છે.

જુદી જુદી વસ્તુના ક્ષેત્રફળ માટે નીચે કોઠો આપ્યો છે.

	વસ્તુનું નામ.	ક્ષેત્રફળ.	ટૂંકું રૂપ.
૧	ચોરસ	(લંબાઇ)^2	l^2
૨	લંબ ચોરસ	લંબાઇ × પહોળાઇ	$l \times b$
૩	સમાંતર ચતુષ્કોણ	લંબાઇ × ઊંચાઇ	$l \times h$
૪	ત્રિકોણ	લંબાઇ × ઊંચાઇ / ૨	$\frac{l \times h}{2}$
૫	ચક્ર	π × (ત્રિજ્યા)	$\pi \times r^2$
૬	ગોળો	૪ × π × (ત્રિજ્યા)^2	$4 \times \pi \times r^2$

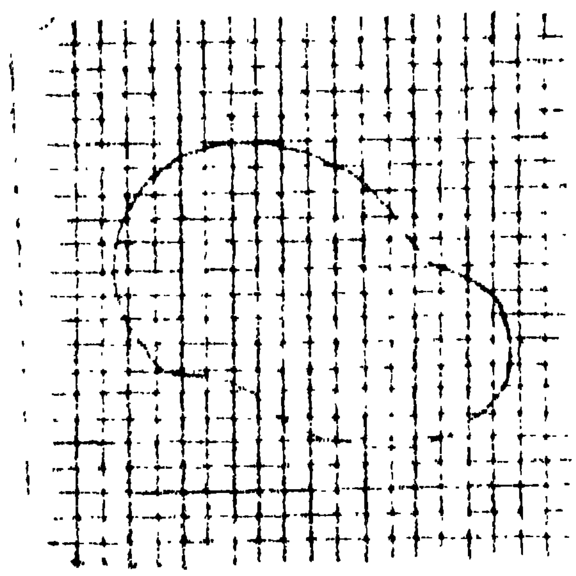
l=length=લંબાઇ, b=breadth=પહોળાઇ.

h=height=ઊંચાઇ, r=radious=ત્રિજ્યા.

૧૧. વિરૂપાકાર સપાટીના ક્ષેત્રફળનું માપ.

પ્રયોગઃ-(अ) જો સપાટીની કોર વાંકીચૂકી હોય તો તેના ક્ષેત્રફળ નીચે પ્રમાણે કાઢો. આકૃતિ (૯) માં બતાવી છે તેવી એક સપાટી લો. તેના ઉપર પરસ્પર કાટખુણે આડી અને ઉભી સરખી લંબાઇના અંતરે લીટી દોરવાથી નાના નાના સરખા ક્ષેત્રફળના ચોરસ મળે છે. એના ઉપર જે સપાટીનું ક્ષેત્રફળ માપવું હોય તેની આકૃતિ દોરો. પ્રથમ આખા ચોરસ ગણી કાઢો અને ફરતે કપાયેલા ચોરસ પૈકી જે અર્ધા ચોરસથી નાના હોય તેને ન ગણતા અર્ધાથી મોટાને આખા ચોરસ ગણી કાઢો. આમ કરવાથી નાના ચોરસની કુલ સંખ્યા જે આવે તે સપાટીનું ક્ષેત્રફળ બતાવે છે.

આકૃતિ ૯.



વિરૂપાકાર સપાટીના ક્ષેત્રફળનું માપ.

(બ) જો કોઇ વસ્તુ એક સરખી જાડાઇની હોય તો તેની સપાટીનું ક્ષેત્રફળ નીચેની રીતથી પણ મળી શકે છે. જે વસ્તુની સપાટીનું ક્ષેત્રફળ શોધવું હોય તેનું પ્રથમ વજન કરી તેમાંથી જાણેલાં ક્ષેત્રફળનો એક ચોરસ કટકો કાપી કાઢવો. પછી આપેલી વસ્તુ એ કટકા કરતાં કેટલાગણી ભારી છે તે શોધવું. એમ કરતાં જે સંખ્યા આવે તે લીધેલી વસ્તુની સપાટીનું કુલ ક્ષેત્રફળ દર્શાવશે.

૧૨. કદ (Volume) કોઇપણ વસ્તુએ રોકેલી જગ્યાને તેનું કદ કહેવામાં આવે છે. ઘન, પ્રવાહી અને વાયુ એ ત્રણે સ્થિતિમાં વસ્તુ જગ્યા રોકતી હોવાથી દરેક વસ્તુને કદ હોય છે. પ્રવાહીને જે વાસણમાં મૂકવામાં આવે છે તેનો આકાર ગ્રહણ કરે છે. આથી એક વાસણનો જેટલો ભાગ પ્રવાહી રોકે તેટલા ભાગનું કદ જાણવાથી પ્રવાહીનું કદ મળે છે. વાયુને એકાદ બંધ વાસણમાં પૂરવામાં આવે તો તે સઘળે એક સરખો પ્રસરી જાય છે. આથી આખા વાસણનું અંદરનું કદ જાણવાથી વાયુનું કદ માલૂમ પડે છે.

૧૩. કદનું માપ ક્ષેત્રફળની માફક કદનો એકમ પણ લંબાઇના એકમ પરથી લીધો છે. જેની લંબાઇ, પહોળાઈ અને ઊંચાઇ એકમ હોય તે ઘનના કદને એકમ તરીકે ગણવામાં આવ્યો છે. બ્રિટિશ પદ્ધતિમાં એક ફૂટ લાંબો, એક ફૂટ પહોળો અને એક ફૂટ ઊંચો ઘન એકમ કદનો ગણાય છે અને તેને એક ઘનફૂટ (ઘ. ફૂ.) કહેવામાં આવે છે. દશાંશ પદ્ધતિમાં એક ઘન સેન્ટિમિટરને (ઘ. સેમિ.) એકમ

તરીકે લીધો છે. એક ઘન સેન્ટિમિટર એટલે એક સેન્ટિમિટર લંબાઇ, પહોળાઈ અને ઊંચાઇની ઘન વસ્તુનું કદ. કોઇ પણ ઘન વસ્તુનું કદ શોધવા માટે લંબાઇ, પહોળાઇ અને ઊંચાઇને એકજ માપ વડે માપી તેનો ગુણાકાર કરવાથી તેનું કદ નીકળે છે. દાખલા તરીકે એક ઘન વસ્તુની લંબાઇ ૨ યાર્ડ, પહોળાઇ ૪ ફૂટ અને ઊંચાઇ ૩ ફૂટ હોય તો તેનું કદ [૬×૪×૩] ૭૨ ઘ. ફૂ. થાય છે. [૧ યાર્ડ=૩ ફૂટ]

નીચે કેટલીક વસ્તુનું કદ શોધવા કોઠો આપ્યો છે.

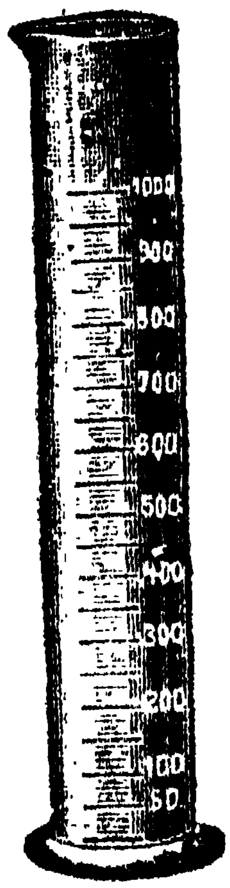
	વસ્તુનું નામ	કદ.	ટૂંકું રૂપ.
૧	ચોરસ ઘન square solid	$(\text{લંબાઇ})^3$	l^3
૨	લંબચોરસ ઘન rectangular solid	લંબાઇ×પહોળાઇ×ઊંચાઇ	$l \times b \times h$
૩	નળાકાર cylinder	$\pi \times (\text{ત્રિજ્યા})^2 \times$ ઊંચાઇ	$\pi \times r^2 \times h$
૪	ત્રિપાર્શ્વ prism	$\frac{\text{લંબાઇ×પહોળાઇ×ઊંચાઇ}}{૨}$	$\frac{l \times b \times h}{2}$
૫	શંકુ cone	$\frac{\pi \times (\text{ત્રિજ્યા})^2 \times \text{ઊંચાઇ}}{૩}$	$\frac{\pi \times r^2 \times h}{3}$
૬	ચોરસ પિરામીડ pyramid	$\frac{\text{લંબાઇ × પહોળાઇ × ઊંચાઇ}}{૩}$	$\frac{l \times b \times h}{3}$
૭	ગોળો sphere	$\frac{૪ \times \pi \times (\text{ત્રિજ્યા})^3}{૩}$	$\frac{4}{3} \times \pi \times r^3$

૧૪. પ્રવાહીના કદ માપવાના સાધન

પ્રવાહીનો આકાર (ઘાટ) નિયત (fixed) ન હોવાથી તેના કદ જાણવા ભૂમિતિની રીતનો ઉપયોગ થઇ શકતો નથી. તેથી

તેના કદ માપવા જુદા જુદા પાત્રો તૈયાર કરવામાં આવેલાં છે.

આકૃતિ ૧૦.



કદમાપક પાત્ર.

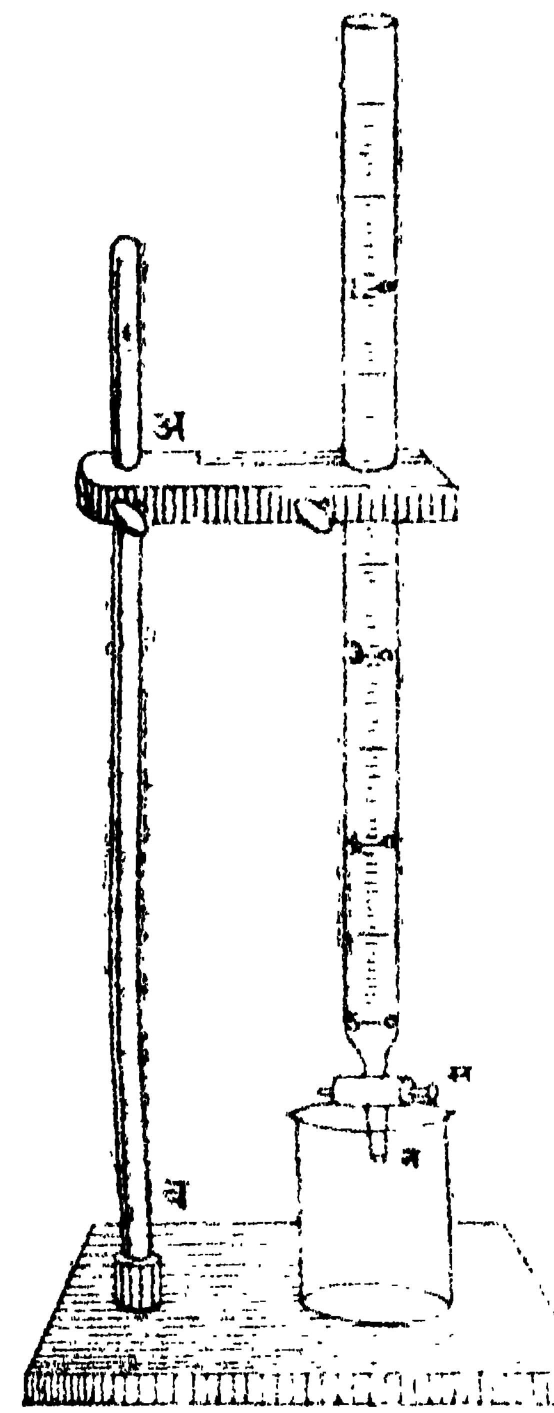
(૧) કદમાપક પાત્રઃ—પ્રવાહીનું કદ માપવા કદમાપક (measuring cylinder) પાત્ર વપરાય છે (આકૃતિ ૧૦). આપેલાં પ્રવાહીનું કદ શોધવું હોય તો તેને એ પાત્રમાં રેડી ઉપલી સપાટી આગળનો આંકડો નોંધવો એટલે તેનું કદ મળે છે. સાધારણ રીતે એક ઘન સેન્ટિમિટરથી એક લીટર (૧૦૦૦ ઘ. સેમિ.) સુધીના કદ માપવા આવાં નાના મોટાં પાત્રો હોય છે. એના વડે એક ઘન સેન્ટિમિટરથી ઓછું કદ બહુ ચોકસાઈથી માપી શકાતું નથી.

(૨) બ્યુરેટ (Burette) એ સાધન વડે પ્રવાહીનું નાનું કદ પણ માપી શકાય છે. તેમાં એક કાચની નળી ઉપર સરખા અંતરે માપના કાપા કાઢેલા છે (આકૃતિ ૧૧). તેને અબ સ્ટેન્ડમાં શિરોલંબ રાખવામાં આવ્યું છે. નીચેના ભાગ પર એક ઝીણું નાકું ન છે અને સ એક કાચની ચકલી છે. તેને ફેરવવાથી નાકાં વાટે જોઈતું પ્રવાહી બહાર નીકળી શકે છે.

બ્યુરેટ વાપરવાની રીતઃ-પ્રથમ નીચેની ચકલી બંધ રાખી પ્રવાહીને ઉપરથી નળીની અંદર રેડવું. ત્યાર બાદ ચકલીની નીચેની નળીના ભાગમાં પ્રવાહી આવે એટલા માટે થોડું પ્રવાહી ન વાટે કાઢી લેવું. પછી પ્રવાહીની સપાટી આગળનો આંકડો નોંધવો. હવે ચકલીને ફેરવી જોઈતું પ્રવાહી બહાર કાઢી નવી સપાટી આગળનો આંકડો જોવો. આ નવા આંકડામાંથી પહેલો આંકડો બાદ કરતાં પ્રવાહીના કદનું માપ મળશે. (બ્યુરેટ ઉપર ઊંચેથી નીચે આંકડા પાડેલા હોવાથી નીચેના આંકડા મોટા હોય છે.) નળીની પાછળ સફેદ કાગળ

રાખવાથી પ્રવાહીની સપાટી આગળના આંકડા સારી રીતે જોઇ શકાય છે. આ સાધન વડે ૧/૨૦ ઘ. સેંમિ. જેટલું કદ પણ ઘણી ચોકસાઇથી માપી શકાય છે.

આકૃતિ ૧૧.



બ્યુરેટ.

(૩) પિપેટ (Pippette): જો અમુકજ કદનું પ્રવાહી લેવું હોય તો તેને માટે નાના મોટા કદની પિપેટ વપરાય (આકૃતિ ૧૨) છે. પિપેટને ઉપરના કાપા क સુધી ભરવામાં આવે તો તેના ઉપર લખેલા કદ (૨૫ ઘ. સેમિ.) જેટલું પ્રવાહી રહી શકે છે.

પિપેટ વાપરવાની રીતઃ—પ્રથમ નળીની અણીને પ્રવાહીમાં ડુબાવો અને ઉપરથી મ્હોં વડે હવા શોષો જેથી પ્રવાહી નળીમાં દાખલ થશે. જ્યારે પ્રવાહીની સપાટી क થી ઊંચે આવે ત્યારે આંગળી વડે નળીને ઉપરથી બંધ કરી પિપેટના નીચેના છેડાને પ્રવાહીમાંથી બહાર કાઢવો. નળીનું નીચેનું નાકું ઘણું બારીક હોવાથી જ્યારે નળી ઉપરથી બંધ હોય છે ત્યારે પ્રવાહી બહાર નીકળી શકતું નથી. હવે આંગળી સહેજ અલગ કરી હવાને ધીમેથી અંદર દાખલ કરો એટલે નીચેનાં નાકાંમાંથી પ્રવાહી ટપકવા માંડશે. જ્યારે પ્રવાહીની સપાટી क આગળ આવે કે તરતજ નળી ઉપર જોરથી આંગળી દબાવી હવાને અંદર જતી બંધ કરવી. પછી જે વાસણમા એ પ્રવાહી લેવું હોય ત્યાં લઇ જઇ ઉપરની આંગળી ઊંચકી લેવી એટલે બધું પ્રવાહી બહાર આવશે.

આકૃતિ ૧૨.

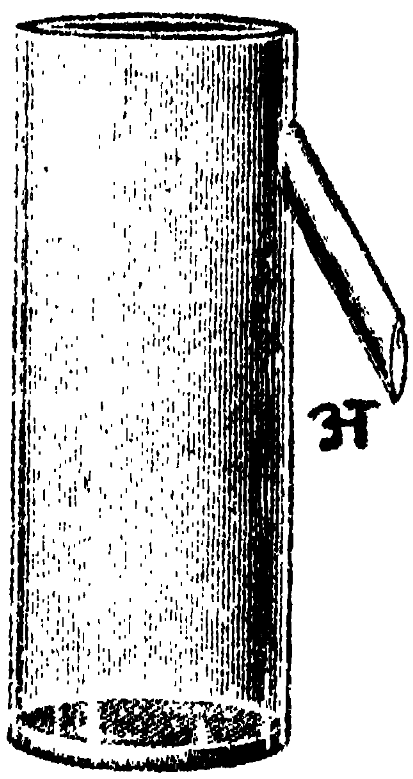


પિપેટ.

૧૪. વિરૂપાકાર (irregular) ઘન વસ્તુના કદનું માપ

વિરૂપાકાર ઘન વસ્તુના કદનું માપ શેાધવું હેાય તેા ઉપરની કેાઇ પણ રીત ઉપયેાગમાં આવશે નહિ; પરંતુ તેને માટે એક નળીવાળું સ્થળાંતર પાત્ર (displacement jar) વપરાય છે (આકૃતિ ૧૩).

આકૃતિ ૧૩.

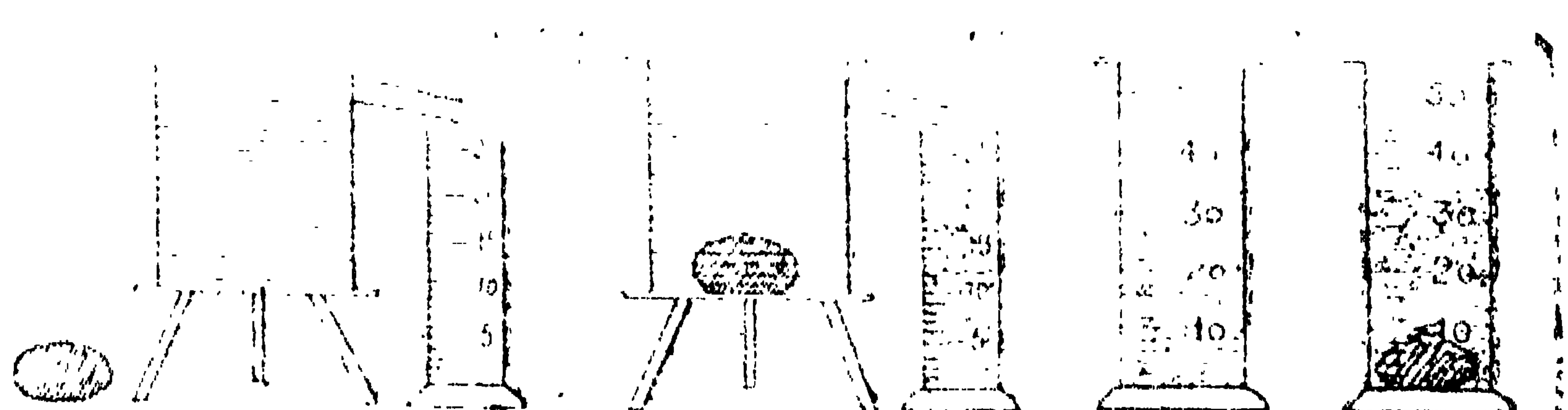


સ્થળાંતર પાત્ર.

સ્થળાંતર પાત્ર વાપરવાની રીતઃ-પ્રથમ વસ્તુ क્ષ ને બહાર રાખી પાત્રને પૂર્ણ ભરવાથી પાણીની સપાટી નળી સુધી આવશે. વધારાનું પાણી નળી વાટે બહાર નીકળી જશે (આકૃતિ ૧૪, अ). ત્યાર પછી કદમાપક પાત્રને નળી આગળ રાખી ઘન વસ્તુને પાણીમાં ડુબાવવી. આમ કરવાથી વસ્તુના કદ જેટલું પાણી નળી વાટે બહાર આવશે અને કદમાપક પાત્રમાં એકઠું થશે (આકૃતિ ૧૪, ब). એ પાણીનું જેટલું કદ આવશે તે વસ્તુનું કદ દર્શાવશે.

વિરૂપાકાર વસ્તુનું કદ માપવાની બીજી એક સાદી રીત છે પ્રથમ એક કદમાપક પાત્ર લઇ તેમાં વસ્તુ સંપૂર્ણ ડૂબે એટલું પાણી લેવું (આકૃતિ ૧૪, क). ત્યાર બાદ પાણીની સપાટી આગળનેા આંકડેા નેાંધવેા. પછી વસ્તુને અંદર ડુબાડવાથી પાણીની સપાટી ઊંચે ચઢશે

આકૃતિ ૧૪.



(આકૃતિ ૧૪, ૪). હવે ફરીથી સપાટીનો આંકડો નોંધવો. આ આવેલા કદના આંકડામાંથી પહેલો આંકડો બાદ કરવાથી વસ્તુનું કદ મળશે.

નોંધઃ—જો આપેલી વસ્તુ પાણીમાં ઓગળી જતી હોય તો પાણીને બદલે જેમા તે ન ઓગળતી હોય તેવું પ્રવાહી લેવું. વસ્તુ પ્રવાહીથી હલકી હોય તો એક ટાંકણી વડે વસ્તુને પૂરેપૂરી ડુબાડવી.

ઘનતા, વિશિષ્ટ ઘનતા અને આર્કિમિડિસના નિયમથી વસ્તુનું કદ કેમ નીકળે છે તે પાછળ જોઇશું (પ્રકરણ ૨ ફકરો ૩ અને પ્રકરણ ૩ ફકરો ૪).

સાર

૧. દરેક જાતની રાશિ (quantity) માપવા એકમો (units) નક્કી કરવા પડે છે. લંબાઇ (length), દ્રવ્યમાન (mass) અને સમય (time)ના એકમો મૂળભૂત એકમો (fundamental units) છે. વેગ, કાર્યશક્તિ, બળ વગેરે રાશિના એકમો મૂળભૂત એકમો ઉપરથી નક્કી કરવામાં આવે છે એટલે એવા એકમોને સાધિત એકમો (derived units) કહેવામાં આવે છે.

૨. મૂળભૂત એકમો માપવાની બે મુખ્ય પદ્ધતિ છેઃ બ્રિટિશ અને દશાંશ (મેટ્રિક). એ એકમો નીચે મુજબ છે.

	લંબાઇના એકમ	દ્રવ્યમાનના એકમ	સમયના એકમ
બ્રિટિશ	યાર્ડ (વાર)	પાઉન્ડ (રતલ)	સેકન્ડ
દશાંશ	મિટર	ગ્રામ	સેકન્ડ

૩. લંબાઇ ફૂટપટીથી માપવામાં આવે છે. કોઇ વસ્તુની ઉપર સીધું ફૂટપટીનું માપ ન લઇ શકાય તો તેનું માપ ડિવાઇડર અથવા દોરી વડે માપીને ફૂટપટી સાથે સરખાવી કાઢવામાં આવે છે. ક્ષેત્રફળનું માપ લંબાઇ અને પહોળાઇને ગુણવાથી

નીકળે છે. વસ્તુની સપાટી વાંકીચૂંકી હોય તો તે સપાટીની આકૃતિ ગ્રાફ પેપર ઉપર પાડીને ગ્રાફના ચોરસો ગણવાથી ક્ષેત્રફળ મળે છે. અર્ધાથી મોટા ચોરસોને આખા ગણવા અને બાકીના ગણવા નહિ. નિયત આકારની જુદી જુદી સપાટીનું ક્ષેત્રફળ ગણતરીથી નીકળે છે (જુઓ કોષ્ટક ફકરો ૧૦). નિયત આકારની ઘન વસ્તુનું કદ, લંબાઇ, પહોળાઇ અને ઊંચાઇનું માપ કાઢવાથી નીકળે છે (જુઓ કોષ્ટક ફકરો ૧૩). સ્થળાંતર પાત્રમાં અથવા આંકેલા નળાકારમાં ઘન વસ્તુને મૂકીને કેટલું પાણી સ્થળાંતર થાય છે તેનું માપ કાઢવાથી કદ માપી શકાય છે. પ્રવાહીના કદનું માપ આંકેલા નળાકાર, પિપેટ અથવા બ્યુરેટ વડે મળે છે.

પ્રકરણ ૨

દ્રવ્યમાન, ભાર અને સમયના માપ

Measurements of mass, weight and time

૧. દ્રવ્યમાન Mass આપણે આગળ જોઇ ગયા કે દરેક વસ્તુ જગ્યા રોકે છે. જેના વડે વસ્તુ જગ્યા રોકે છે તેને દ્રવ્ય કહેવામાં આવે છે. વસ્તુમાં દ્રવ્યનો જે જથ્થો રહેલો છે તેને વસ્તુનું દ્રવ્યમાન (mass, દળ) કહેવામાં આવે છે. વસ્તુમાં ઘણીખરીનું મૂલ્ય તેના દ્રવ્યમાનના (દળ) આધારે થાય છે; એટલે કે વસ્તુના જથ્થા ઉપર તેની કિંમત નક્કી થાય છે. લંબાઇની માફક દ્રવ્યમાન માપવા જુદા (independent) એકમની જરૂર પડે છે. બ્રિટિશ પદ્ધતિમાં લંડનમાં બોર્ડ ઑફ ટ્રેઇડની કચેરીમાં રાખેલા એક પ્લેટિનમના કટકાના દ્રવ્યમાનને એકમ ગણ્યો છે અને તેને રતલ (pound) કહેવામાં આવે છે. દશાંશ પદ્ધતિમાં પેરીસના મ્યુઝિયમમાં રાખેલા એક પ્લેટિનમના કટકાના દ્રવ્યમાનને એકમ તરીકે ગણ્યો છે અને તેને કીલોગ્રામ કહેવામાં આવે છે. કીલોગ્રામ એ વધારે આધારભૂત એકમ છે. ૪° સેન્ટિગ્રેડના ટેમ્પરેચરે એક લિટર (૧૦૦૦ ઘ. સેમિ.) ચોકખા પાણીનું વજન એક લિટર જેટલું થાય છે. સાધારણ રીતે પ્રયોગશાળામાં તોલમાપ માટે દશાંશ પદ્ધતિના અને વેપારધંધામાં બ્રિટિશ પદ્ધતિના એકમ વપરાય છે. પ્રયોગશાળામાં ગ્રામ (કીલોગ્રામનો હજારમો ભાગ) નો ઘણો ઉપયોગ થાય છે. નાનાં મોટાં વજન માપવા માટે જુદા જુદા એકમની જરૂર પડે છે. તે નીચેના કોષ્ટકમાં આપ્યા છે.

પાઉન્ડ અને આમના નાનાં મોટાં તોલ

૧ ઔંસ = $\frac{૧}{૧૬}$ પાઉન્ડ (પા.) રતલ	૧ ડેસીગ્રામ = $\frac{૧}{૧૦}$ ગ્રામ (ગ્રા.)
૧ સ્ટોન = ૧૪ પાઉન્ડ (પા.)	૧ સેન્ટીગ્રામ = $\frac{૧}{૧૦૦}$ ગ્રામ
૧ ક્વૉર્ટર = ૨૮ પાઉન્ડ	૧ મીલીગ્રામ = $\frac{૧}{૧૦૦૦}$ ગ્રામ
૧ હંડ્રવેટ = ૧૧૨ પાઉન્ડ	૧ ડેકાગ્રામ = ૧૦ ગ્રામ
૧ ટન = ૨૨૪૦ પાઉન્ડ	૧ હેક્ટોગ્રામ= ૧૦૦ ગ્રામ

૧ કીલોગ્રામ = ૧૦૦૦ ગ્રામ (કીલોગ્રા.)

ગ્રામ અને રતલનો સંબંધ

૧ પાઉન્ડ = ૪૫૩.૬ ગ્રામ.	૧ ગ્રામ = ૭.૦૩૫૩ ઔંસ
૧ ઔંસ = ૨૮.૩૫ ગ્રામ.	૧ કીલોગ્રા. = ૨.૨૦૪૦ રતલ

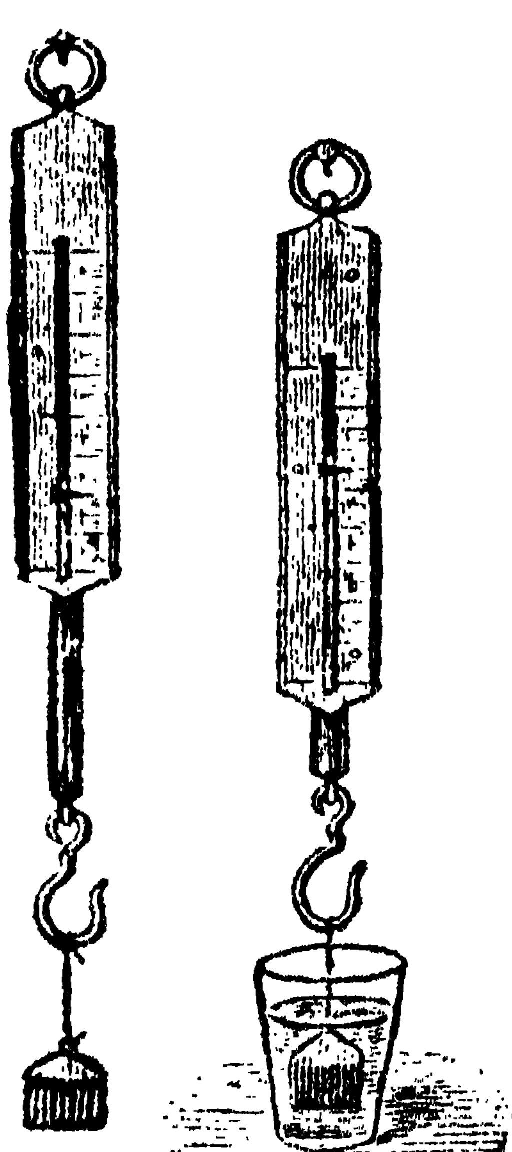
અમુક વસ્તુમાં કેટલું દ્રવ્ય રહેલું છે તે કહેવું ઘણું મુશ્કેલ છે. આથી તેનું માપ કેવી રીતે કાઢવું એ પણ એક પ્રશ્ન છે. પરંતુ ન્યુટને શોધી કાઢયું છે કે દરેક વસ્તુ વત્તાઓછા બળથી પૃથ્વીના મધ્યબિંદુ તરફ આકર્ષાય છે અને એ બળ તે વસ્તુના વજનના પ્રમાણમાં હોય છે. જો એક વસ્તુ વજનમાં બીજી વસ્તુ કરતાં બમણી હોય તો પૃથ્વીની કોઇ પણ જગ્યાએ તે બીજી વસ્તુ કરતાં બમણા જોરથી પૃથ્વી તરફ ખેંચાશે. આથી વસ્તુનું વજન માપવામાં એ બળ આધારરૂપ થઈ પડયું છે.

૧૬. દ્રવ્યમાન અને ભાર
Mass and weight

કોઇ પણ વસ્તુ પૃથ્વી તરફ જેટલા જોરથી ખેંચાય છે તેને વસ્તુનો ભાર કહેવામાં આવે છે. અમુક વસ્તુ પર આ જોર હંમેશા નિયત રહેતું નથી. જેમ પૃથ્વીના કેન્દ્રથી દૂર જઇએ, તેમ એ જોર ઓછું થાય છે અને જેમ નજદીક જઇએ તેમ એ જોર વધે છે. આથી એક વસ્તુ પૃથ્વીની સપાટી ઉપર વધુ ભારી

લાગે છે અને તે ઊંચા પર્વત ઉપર હલકી લાગે છે. વળી એ પણ સ્પષ્ટ થાય છે કે અમુક વસ્તુના ભારમાં ફેરફાર થાય છે, પરંતુ તે વસ્તુની અંદર રહેલા દ્રવ્યનો જથ્થો કાયમ રહેવાથી તેના દ્રવ્યમાનમાં ફેરફાર થતો નથી. પૃથ્વી ઉત્તર અને દક્ષિણ ધ્રુવ આગળ ચપટી છે અને વિષુવવૃત્ત આગળ ઉપસેલી છે. આથી જો એક વસ્તુને કમાનકાંટા (spring balance) વડે બંને જગ્યા આગળ તોલીશું તો માલમ પડશે કે ધ્રુવની નજીક વસ્તુ ભારી લાગે છે અને વિષુવવૃત્ત ઉપર હલકી લાગે છે. આનું કારણ એ છે કે ધ્રુવ આગળની સપાટી વિષુવવૃત્ત કરતાં પૃથ્વીના કેન્દ્રની વધુ નજીક છે. પૃથ્વીનું કદ બહુ વિસ્તૃત છે એટલે આ ભારનો ફેરફાર થોડા માઇલના ઊંચાણ અથવા નીચાણમાં માલૂમ પડતો નથી. આથી દ્રવ્યમાનને ભારમાં માપવાથી કંઇ ખાસ હરકત આવતી નથી. દ્રવ્યમાન અને ભાર જુદાં હોવા છતાં ખાસ સ્પષ્ટિકરણ કરવામાં આવ્યું ન હોય ત્યાં સુધી સાધારણ રીતે એક જ ગણવામાં વાંધો નથી.

આકૃતિ ૧૫.



કમાનકાંટો.
Spring balance.

ટુંકમાં દ્રવ્યવાન (mass) એટલે વસ્તુમાં રહેલા દ્રવ્યનો જથ્થો અને ભાર (weight) એટલે તે વસ્તુ ઉપર લાગતું પૃથ્વીનું ગુરૂત્વાકર્ષણ બળ (force of gravity). કોઇ પણ વસ્તુનું દ્રવ્યમાન (mass) નિશ્ચલ (fixed) રહે છે, જ્યારે તેનો ભાર ચલિત (variable) છે.

નીચેનો પ્રયોગ કરવાથી ઉપરની બાબત સ્પષ્ટ થશે.

પ્રયોગ :—

એક કમાનકાંટો લઇ એક લોખંડના કટકાને તોલો. લોખંડના કટકાને પાણીમાં ડુબાવો અને ફરી તોલ કરો. આ વખતે પહેલાનાં કરતાં એ ઓછું થશે. આ પ્રમાણે દ્રવ્યમાન કાયમ રહેવા છતાં તેના ભારમાં ફેરફાર થાય છે (આકૃતિ ૧૫).

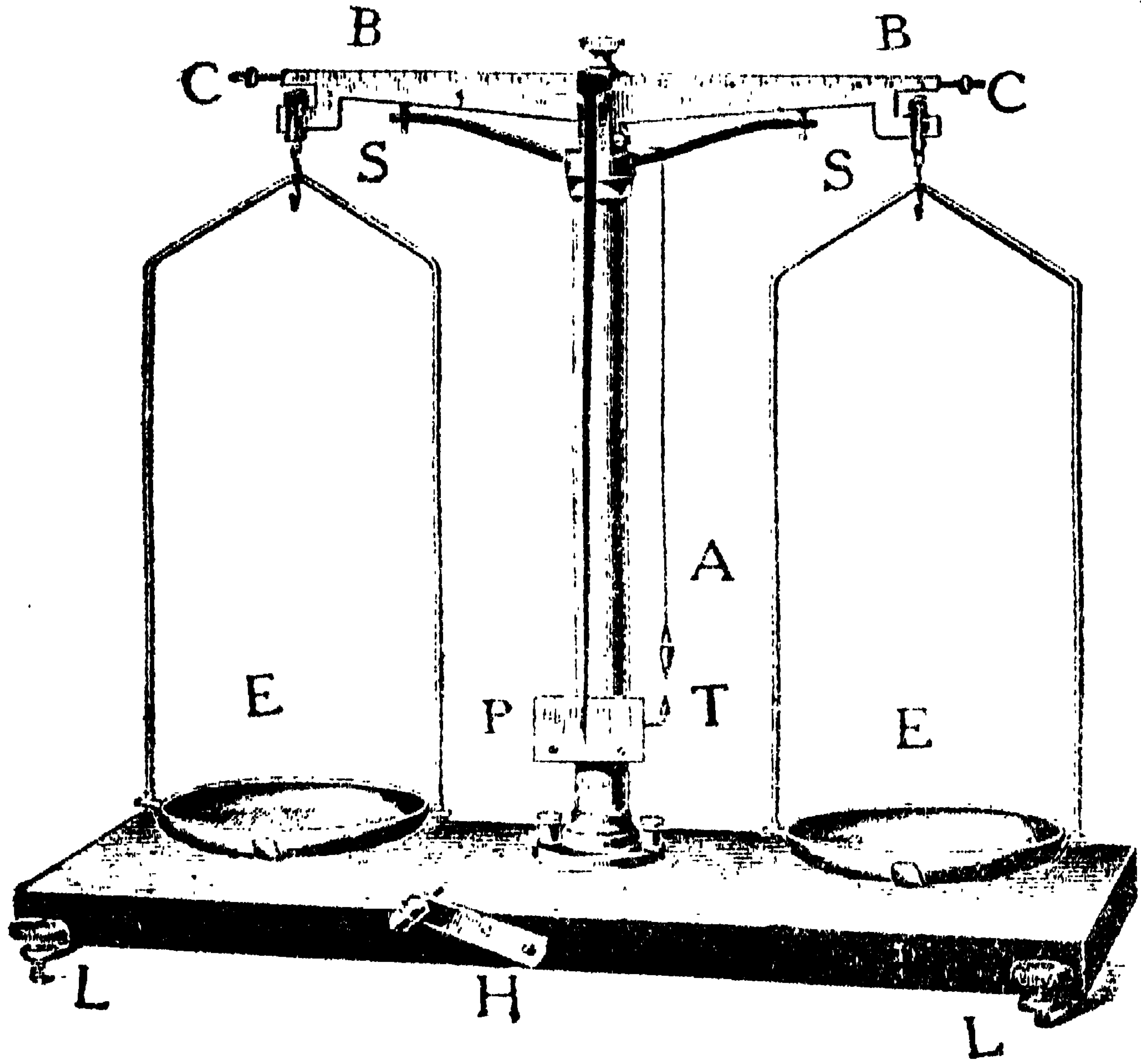
૧૭. વજન માપવાના સાધન

(૧) કમાનકાંટો (spring balance):– વસ્તુનો ભાર માપવા માટે કમાનકાંટો નામનું એક સાદું સાધન વપરાય છે (આકૃતિ ૧૫). તેમાં કમાનનો ઉપયોગ થાય છે. એ કમાનને એક છેડે આંકડો લગાડેલો છે જ્યારે બીજો છેડો ચોકઠાંના ઉપલા ભાગ સાથે જડેલો છે. એ કમાનને એક દર્શક (pointer) લગાડેલો હોય છે અને તે ચોકઠાં ઉપરના માપના આંકડા ઉપર ઊંચે નીચે સરે છે.

પ્રથમ જાણીતા વજનની વસ્તુને આંકડામાં ભેરવી કાંટાને કડીથી પકડી જમીનથી અલગ કરવી. વસ્તુના ભારને લીધે કમાન લાંબી થાય છે અને તેથી દર્શક નીચે આવે છે. હવે ચોકઠાં પર દર્શક જે જગ્યાએ સ્થિર થાય ત્યાં લીધેલા વજનનો આંકડો પાડવો. એ પ્રમાણે જુદા જુદા તોલેલાં વજન લઇ ઉપર મુજબ ચોકઠાં પર તેના માપના આંક પાડવાથી કમાનકાંટો તૈયાર થશે. જે વસ્તુને તોલવી હોય તેને આંકડામાં ભેરવી કમાન-કાંટા સાથે ઊંચકવી અને દર્શક જે આંકડા ઉપર આવે તે વસ્તુનો ભાર દર્શાવશે. એટલું ધ્યાનમાં રાખવું કે કમાન-કાંટાથી વસ્તુનો ભાર (weight) મળે છે.

(૨) ત્રાજવું (Balance):— વજન માપવા માટે ત્રાજવું વપરાય છે. તેમાં બે વસ્તુના વજનની સરખામણી થાય છે. એક

આકૃતિ ૧૬.



ત્રાજવું.

બાજુ તોલવાની વસ્તુ મૂકી બીજી બાજુ જાણીતું વજન મૂકવામાં આવે છે. આ બન્નેને દાંડી વડે સમતોલવાથી લીધેલી વસ્તુનું વજન મળે છે.

B B એક કઠણ ધાતુની દાંડી છે. તેના બંને છેડે સરખા વજનના બે પલ્લાં E લગાડેલાં છે (આકૃતિ ૧૬). નીચેનાં પાટિયાં સાથે બે આગળ અને એક પાછળ એમ ત્રણ સ્ક્રૂ L રાખેલાં છે. તેનાથી પાટિયાંને સમસૂત્ર (horizontal) બનાવી શકાય છે. ઓરંબો A બરાબર T બિંદુ ઉપર આવે ત્યારે ત્રાજવું સમસૂત્ર થાય છે. જ્યારે ત્રાજવું વપરાતું ન હોય ત્યારે તેની દાંડી બે સ્ક્રૂ S ની બેઠક પર રહે છે. હાથા H ને

સવ્ય (clockwise) દિશામાં ફેરવવાથી પોલી નળીમાં રહેલો સળિયો ઊંચો થાય છે અને તેનાથી દાંડી B B સ્ક્રૂથી અલગ થાય છે અને દાંડીના મધ્ય ભાગમાં કઠણ ધાતુના ત્રિપાર્શ્વની ધાર ઉપર અવલંબી ઝોલાં ખાય છે. દાંડી બરાબર સમતોલ રહે તે જોવા માટે દર્શક P રાખેલો છે. એ દર્શકનો એક છેડો દાંડી સાથે જડેલો છે, જ્યારે બીજો છેડો નીચે રાખેલી આંકપટી (scale) ઉપર ફરતો રહે છે. દાંડીને બરોબર સમતોલ કરવા તેના બંને છેડે નાના સ્ક્રૂ C રાખેલાં છે. તેમને ફેરવવાથી તે આજુબાજુ ખસે છે અને એમ કરવાથી દાંડીને સમતોલ બનાવી શકાય છે.

ત્રાજવું વાપરવાની રીતઃ–પ્રથમ સ્ક્રૂ L ને ફેરવી ઓરંબાની અણીને (index) T ઉપર લાવવી. આથી ત્રાજવું સમતળ થશે. ત્યાર બાદ હાથાને સવ્ય (clockwise) દિશામાં ફેરવી દાંડીને ઊંચકવી અને દર્શકને આંટીપટીના શૂન્ય આંકડા પર લાવવો. એ માટે દર્શક શૂન્ય આંકડાની જે બાજુ રહેતો હોય તે તરફના સ્ક્રૂ C ને દૂર ખસેડવું અથવા સામી બાજુના સ્ક્રૂને પાસે લાવવું. જ્યારે દર્શક શૂન્ય આંકડા પર આવશે, ત્યારે દાંડી બરાબર સમતળ થશે. પછી હાથાને અપસવ્ય (anti-clockwise) દિશામાં ફેરવી ત્રાજવાંને બેસાડી દેવું અને ડાબી બાજુના પલ્લાંમાં આપેલી વસ્તુ મૂકી જમણી બાજુના પલ્લાંમાં કાટર મૂકવાં. હવે પાછું ત્રાજવાંને હાથો ફેરવી ઊંચકવું, જો દર્શક શૂન્યથી જમણી બાજુ જાય તો બીજા વધારેના વજન મૂકવાં અને ડાબી બાજુ જાય તો થોડાં વજન કાઢી લેવાં. પલ્લાંમાંથી વજન અથવા વસ્તુ કાઢતી કે મૂકતી વખતે ત્રાજવાંને બેસાડી દેવું. હવે પ્રથમ મૂકેલા વજનમાં વધઘટ કરી દર્શકને શૂન્ય આંકડા ઉપર લાવવો. પછી જમણાં પલ્લાંનાં બધાં કાટરનો જે સરવાળો આવે તે વસ્તુનું વજન દર્શાવશે.

ત્રાજવાંનો ઉપયોગ કરતી વખતે નીચેની બાબત ધ્યાનમાં રાખવી.

(૧) ત્રાજવાંને સમતોલ રાખવું. નીચેના પાટિયાંના સ્ક્રૂ ફેરવવાથી એ થઇ શકશે.

(૨) હાથાને ધીમેથી ફેરવી દાંડીને છૂટી કરવી.

(૩) જ્યારે દાંડી ઊંચી કરવામાં આવે ત્યારે દર્શક શૂન્ય આંકડા ઉપર સ્થિર હોવો જોઇએ; અગર શૂન્ય આંકડાની બંને બાજુ સરખા અંતરે ઝોલાં ખાતો હોવો જોઇએ. જો એ પ્રમાણે ન હોય તો દાંડીને છેડે આવેલા સ્ક્રૂ વડે દાંડીને સમતોલ કરવી.

(૪) જે વસ્તુ તોલવી હોય તેને હંમેશા ડાબી બાજુના પલ્લાંમાં અને વજનને જમણી બાજુના પલ્લાંમાં મૂકવાં.

(૫) વજનનો ફેરફાર કરતી વખતે ત્રાજવાંના પલ્લાંને હાથો ફેરવી બેસાડી દેવાં.

(૬) વજનને હાથ વડે ન લેતાં ચીપિયા વડે ઉપાડવાં.

(૭) વજનને ત્રાજવાંનાં પલ્લાં કે દાબડામાં તેની જગ્યા સિવાય ક્યાંય મૂકવાં નહિ.

(૮) ગરમ વસ્તુ તોલવી નહિ.

(૯) જ્યારે ત્રાજવાંનું કામ પુરૂં થઇ રહે ત્યારે તેને હાથો ફેરવી બેસાડી દેવું.

ઘણી વખત ત્રાંજવાં ખામીવાળાં હોવાથી વસ્તુનું ખરૂં વજન આપતાં નથી. એવાં ત્રાજવામાં મુખ્ય બે જાતની ખામી હોય છે. કયાં તો દાંડીના ભૂજની (બંને બાજુની દાંડીની) લંબાઇ સરખી હોતી નથી; અગર બંને પલ્લાં અથવા ભૂજના વજનમાં ફેરફાર હોય છે. જો ત્રાજવાંની બંને બાજુનું વજન સરખું ન હોય તો હલકી બાજુએ વધારા જેટલું વજન મૂકવાથી એ ખામી દૂર થાય છે.

જો ભૂજની લંબાઇ વત્તીઓછી હોય તો નીચેની રીત પ્રમાણે તોલવાથી વસ્તુનું ખરૂં વજન નીકળે છે. પ્રથમ આપેલી વસ્તુને ડાબા પલ્લાંમાં મૂકવી અને જમણી બાજુ રેતી અગર સીસાંની ગોળી મૂકી દાંડીને સમતોલ કરવી. ત્યાર પછી વસ્તુને ડાબા પલ્લાંમાંથી કાઢી લઇ, તેમાં જોઇતાં વજન મૂકી દાંડીને ફરી સમતોલ કરવી. આમ વસ્તુનું વજન એ વજનની બરાબર થશે. એ પ્રમાણે તોલ કરવાથી વસ્તુનું ખરૂં વજન મળે છે.

૧૮ સમયનો એકમ

એક માણસ કહેશે કે મેં આ કામ અમુક વખતમાં કર્યું. બીજો કહેશે અમે આટલા વખત સુધી વાદવિવાદ કર્યો. એ પ્રમાણે દરેક પ્રસંગને સમય સાથે સબંધ હોવાથી તેનું માપ રાખવું જરૂરી છે. સમયનું માપ કાઢવા સ્વતંત્ર (independent) એકમ રાખવો પડે છે. કોઇ પણ જગ્યાએ સૂર્યને બરાબર બે વખત લગોલગ માથે આવતાં સમયનો જે ગાળો પસાર થાય તેને સૂર્યદિન (solar day) કહેવામાં આવે છે; જ્યારે અમુક તારાને એ પ્રમાણે જે વખત લાગે તેને સિડિરીયલ દિન (sidereel day) કહેવામાં આવે છે. આખા વર્ષના સૂર્યદિન સરખા ન હોવાથી એક વર્ષના સૂર્યદિનોનું સરેરાશ લઈ તેને સરેરાસ સૂર્યદિન (mean solar day) કહેવામાં આવે છે. સિડિરીયલ દિન સૂર્યદિનથી ચાર મિનિટ જેટલો નાનો છે. સૂર્યદિનના $\frac{૧}{૮૬૪૦૦}$ માં ભાગને બ્રિટિશ અને દશાંશ પદ્ધતિમાં એકમ તરીકે લેવામાં આવ્યો છે અને તે સેકન્ડ કહેવાય છે. સેકન્ડ અને સૂર્યદિન વચ્ચે ઘણો તફાવત હોવાથી કલાક અને મિનિટનાં માપો રાખ્યાં છે. સમયના નાના મોટાં માપોનું કોષ્ટક નીચે આપ્યું છે.

સમયના માપો

૧ વર્ષ	= ૩૬૫ સૂર્યદિન	૧ કલાક = $\frac{૧}{૨૪}$	સૂર્યદિન.
૧ ચંદ્ર માસ =	૩૦ સૂર્યદિન	૧ મિનીટ= $\frac{૧}{૧૪૪૦}$	સૂર્યદિન.
૧ અઠવાડિયું =	૭ સૂર્યદિન	૧ સેકન્ડ = $\frac{૧}{૮૬૪૦૦}$	સૂર્યદિન.

૧૯. સમય માપવાના સાધનો

અસલના વખતમાં સમયનું માપ રાખવાનું કશું પ્રમાણભૂત સાધન ન હતું. તે વખતે છાયાયંત્ર (sun-dial), જળ–ઘડિયાળ (water clock), રેતીની શીશી, વગેરે વપરાતાં હતાં. છાયાયંત્રમાં એક નાની ઊભી લાકડીના પડછાયાના આધારે વખત માપવામાં આવતો. આ સાધન દિવસનાજ વાપરી શકાતું અને જે દિવસે આકાશમાં વાદળાં હોય ત્યારે પણ તે નિરુપયોગી થઇ પડતું. જળ–ઘડિયાળમાં નીચે બારીક નાકાંવાળી બરણીનો ઉપયોગ થાય છે. એ બરણીને પ્રથમ પાણીથી ભરી દઇ પાણીને નાકાં વાટે નીકળવા દેવામાં આવે છે. એ પાણી નિયમિત રીતે નીચે નીકળતું હોવાથી જળ–ઘડિયાળ સમયનું માપ આપે છે. રેતીની શીશીમાં પણ ઉપરની શીશીમાંથી નીચેની શીશીમાં રેતીને પડતાં જે વખત લાગે તે વડે સમયનું માપ નીકળે છે.

ઉપર જણાવેલાં સાધનો ઘણાં અગવડ ભરેલાં છે અને તેના ઉપર વારંવાર ધ્યાન આપવું પડે છે. આજકાલ દરેક ઠેકાણે જોવામાં આવતાં ઘડિયાળ ઘણા સરળ છે અને સમયનું માપ સારી રીતે રાખે છે. ઘડિયાળની શોધ ગૅલિલિયોને આભારી છે.

૨. ગૅલિલિયો

ગૅલિલિયો અર્વાચિન કાળના વિજ્ઞાનનો ઉત્પાદક ગણાય છે. આર્કિમિડસના સમય પછી લગભગ ૧૮ સદીઓ સુધી કોઇપણ પ્રખર વૈજ્ઞાનિક થયો

ન હતો અને એટલો સમય લોકો ધર્મ અને અંધશ્રદ્ધાની દૃષ્ટિથી કુદરતના ક્રમને નિહાળી રહ્યા હતા. અમુક કાર્ય અને કારણને કંઇ સંબંધ છે કે નહિ એ તપાસવાની વૃત્તિ તેમને થતી નહિ. માત્ર ગૅલિલિયોએજ આવાં અંધશ્રદ્ધાના બળની સામે માથું ઊંચકી બંડ કર્યું અને જગતના મનુષ્યોને વિચારતા કર્યા. એનો જન્મ ૧૫૬૪ માં ઇટલીમાં થયો હતો. એની વિપ્લવકારક શોધને લીધે એને ઘણુંજ શોષવું પડયું હતું. તેણે જે વિજ્ઞાનના બીજ રોપેલાં તેણે મનુષ્યની એક-માર્ગી વિચારસરણીને નવે પંથે વાળી. ધર્મપુસ્તકોને અથવા મોટા પુરૂષોના કથનોજ સત્ય માની લઇ નવીન શોધવાની વૃત્તિનો અભાવ હતો તે ગૅલિલિયોએ દૂર કર્યો અને વિજ્ઞાનને પ્રયોગદ્વારા જીવનમાં દાખલ કર્યું. યુરોપમાં 'સૂર્ય સ્થિર છે અને પૃથ્વી એની પ્રદક્ષિણા કરે છે.' એવા કૉપરનિકસના મતને એણે પૂર્તિ આપી હતી. આથીજ એ ધર્મગુરૂઓના કોપનો ભોગ થયો હતો. એ સિવાય એણે જે બીજી મહાન શોધો કરી એ માટે ખરેખર જગત ગૅલિલિયોનું ઘણુંજ ઋણી છે. એણે પહેલવહેલી દૂરબિનની શોધ કરી અને તેનાથી શનીના ગૃહની ફરતે દેખાતો ચક્રાકાર ઉપગ્રહ પ્રથમ જોવાનો મળ્યો. તેણે ઉષ્ણુતા માપવાનું હવાનું થર્મોમિટર બનાવ્યું.

એકવાર દેવળમાં પ્રાર્થના કરતો હતો, ત્યારે એક ફાનસના આંદોલનો જોતાં એને લાગ્યું કે દરેક આંદોલન માટે એક સરખોજ સમય લાગતો હતો. તે વખતે ઘડિયાળ શોધાયાં ન હતાં, એટલે પોતાની નાડીના ધબકારાનો ઘડિયાળ તરીકે ઉપયોગ કરી તેણે ત્યાં બેઠાં બેઠાં પ્રયોગ કર્યો. આ

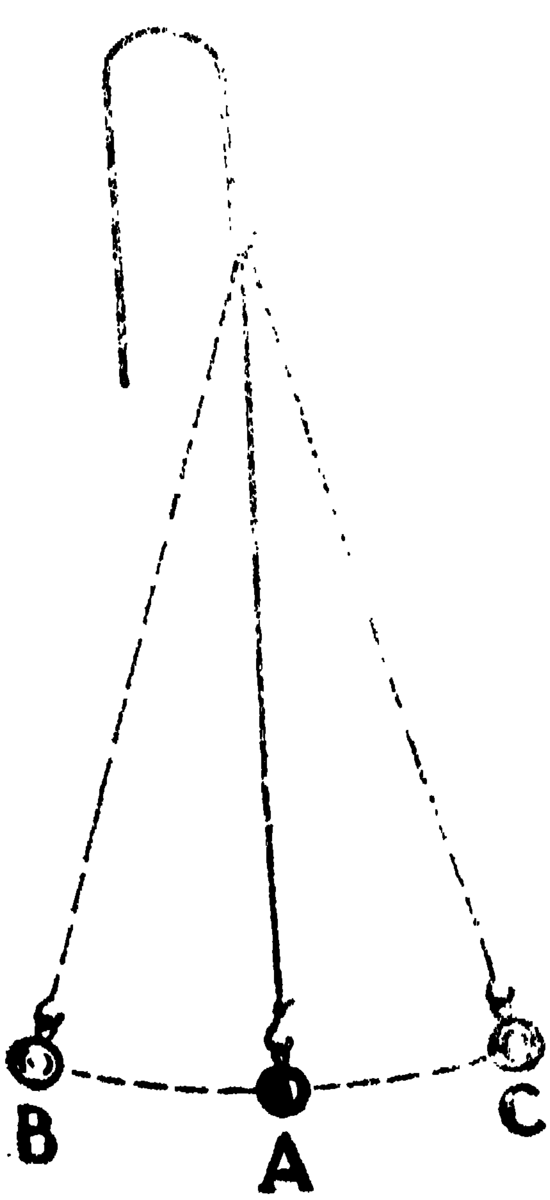
ઉપરથી તેને માલમ પડયું કે આંદોલનો ગમે તેવડાં હોય છતાં દરેકનો સમય સરખોજ રહે છે. આ શોધને ધ્યાનમાં લઇ એણે ૫૦ વર્ષ પછી એક લોલકવાળું ઘડિયાળ તૈયાર કર્યું. ઍરિસ્ટોટલ નામનો એક મહાન તત્ત્વજ્ઞાની કહી ગયો ગયો હતો કે, "જો બે વજન લઇએ અને એક વજન બીજાથી સોગણું ભારે હોય તો ભારે વજન સોગણી ઝડપથી નીચે પડે છે." આથી ઊલટું ડૅમોક્રિટસ નામના બીજા તત્ત્વવેત્તાએ એમ કહ્યું હતું કે બધાં વજન એક સરખી ગતિથીજ નીચે પડે છે. પરંતુ એ બેમાંથી કોણ સાચું એ પ્રયોગથી પૂરવાર કરવાનું ભાગ્ય ગલિલિયોનું હતું. પિસાના ઢળતા ટાવર ઉપર જઇને ગૅલિલિયોએ એક ૧૦ રતલનું અને બીજું એક રતલનું વજન લઇ એકી સાથે પડવાં દીધાં અને બધાના આશ્ચર્ય વચ્ચે બતાવ્યું કે વજન ગમે તેવડાં હોય છતાં એક સરખી જ ગતિથી નીચે પડે છે. આ સિદ્ધાંત પ્રયોગથી સાબીત કરવા છતાં ઘણાખરા ઍરિસ્ટોટલવાદીઓના માનવામાં આવ્યો નહિ અને ગૅલિલિયોને તેઓ જાદુગર માનવા લાગ્યા. એની વિરૂદ્ધ મતના લોકો એની સામા થયા અને અંતે એનો રોમના ધર્મ-ગુરૂ મારફતે ન્યાય કરાવી જબરદસ્તીથી ભવિષ્યમાં લોકોને ઊંધે માર્ગે દોરવાનો ઉપદેશ ન આપવાના સપથ લેવડાવ્યા. ત્યાર પછી ગૅલિલિયોએ સૂર્ય-પૃથ્વીના વિષેનો વિવાદ છોડી દીધો. પરંતુ એણે પદાર્થવિજ્ઞાન અને ખાસ કરીને યંત્રશાસ્ત્ર (mechanics) નો અભ્યાસ કરી એક ઘણોજ ઉમદા ગ્રંથ બહાર પાડ્યો. યંત્રદ્વારા થતાં કાર્ય વિષે એણે એક સિદ્ધાંત રચ્યો કે 'ગમે તેવાં યંત્રદ્વારા કાર્ય ઉત્પાદન કરવામાં આવે તો પણ બળ વાપરી જેટલું કાર્ય કરવામાં આવે તેનાથી વધુ કાર્ય

યંત્ર આપી શકતું નથી.' એક ઉમરાવનો કૂવો ૩૪ ફૂટથી વધુ ઊંડો હતો અને તેમાંથી પંપ વડે પાણી બહાર નીકળતું ન હતું. આ બાબત ગૅલિલિયોના ધ્યાન ઉપર લાવવામાં આવી. ગૅલિલિયોએ જોયું કે પંપ ચાલુ હતો પરંતુ કોઇક કારણથી ૩૪ ફૂટથી વધુ ઊંચે પાણી ચઢી શકતું નથી. આ ઘટનાદ્વારા ગૅલિલિયોને હવાના દબાણનો કંઇક ખ્યાલ આવ્યો હતો, પરંતુ એ બાબતની સંપૂર્ણ શોધ તેના શિષ્ય ટૉરિસિલિએ કરી હતી.

૨૦. લોલક Pendulum

એક ભારી ધાતુના નાના ગોળાને બારીક દોરી વડે બાંધી લટકાવવાથી સાદો લોલક તૈયાર થાય છે (આકૃતિ ૧૭). લોલકના નિયમ જાણીએ તે પહેલાં તેમાં વપરાતી કેટલી વ્યાખ્યા જાણવી જરૂરની છે.

આકૃતિ ૧૭.



લોલક.

(૧) લોલકને લટકાવેલા બિંદુથી ગોળાના મધ્યબિંદુ સુધીના અંતરને લોલકની લંબાઇ કહેવામાં આવે છે.

(૨) જ્યારે લોલક એક બાજુની સૌથી ઊંચી જગા (B) થી બીજી બાજુની દૂરમાં દૂર જગા (C) સુધી જાય છે તે અંતરને એક ઝુલો (vibration) કહેવામાં આવે છે.

(૩) લોલકની સ્થિર જગ્યા (A) થી એક બાજુએ વધારેમાં વધારે જેટલું અંતર જઇ શકે (AC અથવા AB)

તેને વિસ્તાર (amplitude) **અથવા આંદોલન–વિસ્તાર** કહેવામાં આવે છે.

(૪) જ્યારે લોલક એ આખા અને લગોલગ ઝુલા ખાય (B થી C સુધી જઈ પાછો B સુધી આવે) ત્યારે એક આંદોલન (oscillation) પૂર્ણ થયું એમ કહેવામાં આવે છે.

(૫) એક આંદોલન પૂર્ણ કરતાં લોલકને જે સમય લાગે તેને **આંદોલન–સમય** (period of oscillation) કહેવામાં આવે છે.

૨૧. લોલકના પ્રયોગો અને નિયમ **પ્રયોગ** :—ઉપર જણાવ્યું તેવું એક લોલક તૈયાર કરી તેની લંબાઇ (l) માપો. લંબાઇ માપતી વખતે જ્યાં લોલકને લટકાવવામાં આવ્યું છે ત્યાંથી ગોળા સુધીનું અંતર માપો અને પછી તેમાં કેલીપર્સથી ગોળાની ત્રિજ્યા શોધી તેટલી લંબાઇ ઉમેરો. ત્યાર બાદ લોલકને ગતિ આપી જ્યારે લોલક નિયમિત રીતે આંદોલન કરતું થાય ત્યારે હાથ–ઘડિયાળના સેકન્ડ કાંટાની મદદથી ૫૦ આંદોલનનો સમય (x) નોંધો. (એ સમય માપવા માટે સ્ટોપ–વોચ અને મેટ્રોનોમ નામના સાધન પણ વપરાય છે). એ સમય પરથી આંદોલન–સમય (t) કાઢો. આ પછી લંબાઇમાં અનુક્રમે વધારો કરતા જઇ ફરીથી પ્રયોગો કરો. લીધેલી નોંધને નીચેના ખાનામાં પૂરો.

લોલકની લંબાઇ (l)	આંદોલનની કુલ સંખ્યા (n)	કુલ આંદોલન માટેનો સમય (x)	આંદોલન–સમય $t=\frac{x}{n}$	$\frac{l}{t^2}$

(૧) પ્રથમ મોટાં આંદોલનો લઇ ઉપર મુજબ આંદોલન-સમય શોધી કાઢો. ત્યાર બાદ લોલકની ગતિ ધીમી પાડી આંદોલનો નાનાં કરો અને ફરીથી આંદોલન-સમય શોધી કાઢો. માલમ પડશે કે બંને વખતના આંદોલન-સમય સરખાંજ છે.

(૨) લાકડું, સીસું, લોખંડ એમ ત્રણ ધાતુના જુદા જુદા વજનના ગોળા લઇ અને ત્રણે લોલકની લંબાઇ સરખી રાખી, સઘળાના આંદોલન-સમય શોધી કાઢો તો દરેકનો આંદોલન-સમય એકજ આવશે.

(૩) લોલકની લંબાઇ અનુક્રમે ૧૦, ૧૫, ૨૦, અને ૨૫ સેમિ. લો અને વારા ફરતી દરેકનો આંદોલન-સમય કાઢો. ૨૦ સેમિ. લંબાઇ-વાળા લોલકનો આંદોલન-સમય ૧૦ સેમિ.વાળા લોલકના કરતાં ચારગણો મોટો આવશે.

(૪) એક લોલકનો આંદોલન-સમય દરિયાની સપાટી ઉપર તપાસો અને તેજ લંબાઇ કાયમ રાખી ઊંચા પર્વત ઉપર ફરીવાર આંદોલન-સમય તપાસો તો દરિયાની સપાટી કરતાં પર્વત ઉપર આંદોલન સમય મોટો માલમ પડશે.

ઉપરના પ્રયોગો વડે નીચેના નિયમો તારવી કાઢી શકાય છે.

(अ) આંદોલન-સમયનો વર્ગ લોલકની લંબાઇના પ્રમાણ-માં વધઘટ થાય છે. (લંબાઇ વધુ તેમ આંદોલન-સમય વધુ).

(ब) આંદોલન-સમયનો વર્ગ પૃથ્વીના આકર્ષણ બળને લીધે લાગતા પ્રવેગથી ઉલટા (વ્યુત્ક્રમ) પ્રમાણમાં વધઘટ થાય છે એટલે જ્યાં ગુરૂત્વાકર્ષણનો પ્રવેગ (acceleration due to gravity) વધુ હોય તો આંદોલન-સમય નાનો થાય છે.

(क) આંદોલન-સમય લોલકના વિસ્તાર (amplitude), ગોળાના વજન, કદ અને જાત ઉપર આધાર રાખતો નથી.

પૃથ્વીની સપાટી ઉપરનું લોલકવાળું ઘડિયાળ જો ઊંચા પર્વત ઉપર લઇ જઇએ તો ત્યાં ગુરૂત્વાકર્ષણનું બળ ઓછું થવાથી પ્રવેગ પણ ઓછો થાય છે, એટલે આંદોલન-સમય લાંબો થાય છે અને તેથી ઘડિયાળ ધીમું પડે છે. પૃથ્વીની સપાટી તરફ આવતાં તે ઘડિયાળ ઝડપી થાય છે.

આંદોલન-સમય, લોલકની લંબાઇ અને ગુરૂત્વાકર્ષણના પ્રવેગની સાથે સંબંધ રાખતો નિયમ નીચે બતાવ્યો છે.

$$t = 2\pi\sqrt{l/g} \quad \text{અથવા} \quad g = \frac{4\pi^2 l}{t^2}$$

t = આંદોલન-સમય=periodic time

l = લોલકની લંબાઇ=length of the pendulum.

g = ગુરૂત્વાકર્ષણનો પ્રવેગ=acceleration due to gravity.

આ ઉપરથી પૃથ્વીની સપાટી ઉપર કોઇ જગ્યાએ ગુરૂત્વાકર્ષણનો પ્રવેગ કાઢવો હોય તો લોલક ઉપયોગી થાય છે. લોલકની લંબાઇ અને આંદોલન-સમય માપવાથી 'g' નું મૂલ્ય નીકળી આવે છે.

૨૧. લોલક અને ઘડિયાળ

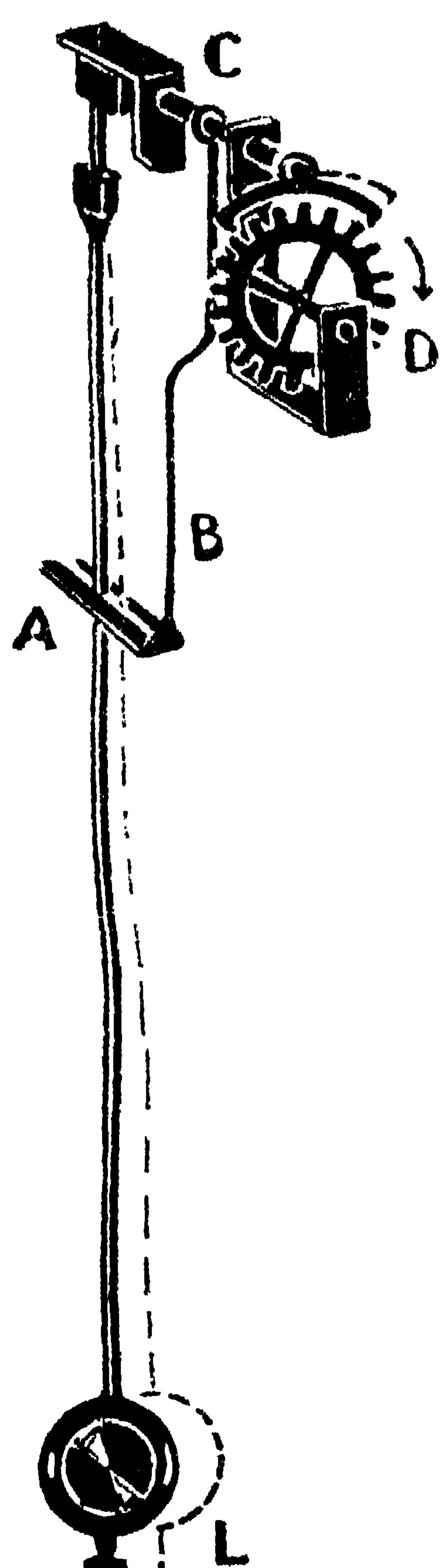
અમુક લંબાઇના લોલકનો આંદોલન-સમય સરખો રહે છે, એ નિયમ શોધ્યા પછી લાંબે કાળે ગૅલિલિયો આંધળો થયો ત્યારે તેના પુત્રને લોલકથી ચાલતું ઘડિયાળ બનાવવાની યુક્તિ મોઢેથી કહી બતાવી હતી. એ યુક્તિ પ્રથમ ક્રિસ્ટિયન હાઇગેન્સ નામના ખગોળશાસ્ત્રીએ અમલમાં મૂકી એક ઘડિયાળ તૈયાર કર્યું.

એક લોલકને આંદોલિત કરીએ તો માલમ પડશે કે તેના અંદોલન લાંબા વખત સુધી ચાલ્યા કરે છે; પરંતુ હવાના

અને ટેકા આગળના ઘર્ષણના અવરોધથી થોડા વખત પછી એ લોલક સ્થિર થઇ જશે. આથી બીજા કોઇ સાધન વડે લોલકને દર વખતે થોડી શક્તિ આપી આંદોલનને નાના પડવા ન દઇએ તો આપણે એ લોલકને સમય માપવા ઉપયોગમાં લઇ શકીશું.

લોલકને શક્તિ આપી આંદોલન કાયમ રાખે એવી મુક્તિકળ (escapement) C આકૃતિ (૧૮) માં બતાવી છે. એ મુક્તિકળના દાંતવાળાં ચક્ર (D) ને એક કમાન સાથે જોડી અથવા દાંતાચક્રની ધરી ઉપર વજન લટકાવી ચક્રાકાર ફેરવવામાં આવે છે. આમ થતાં મુકિતકળને ચક્રના દાંતા સાથે ભેરવેલી હોવાથી કમાન એકાએક ઉકલી જતી નથી (અથવા લટકાવેલું વજન તરત હેઠળ પડી જતું નથી). જ્યારે લોલક L આંદોલિત થાય અને ડાબી કે જમણી બાજુ જાય છે, ત્યારે ચક્રનો એક દાંતો છૂટો પડે છે અને ગોળ ફરતી મૂકિતકળને સહેજ ધક્કો આપે છે. જ્યાં સુધી કમાન વિંટાળેલી હોય ત્યાં સુધી આ દબાણને લીધે લોલક ધીમું પડી જતું નથી. એક સરખા માપના આંદોલનો કાયમ રહે છે. લોલકના આંદોલન–સમયને વધારવા અથવા ઘટાડવા માટે લોલકના ગોળાની નીચે એક સ્ક્રૂ રાખેલો છે. એના વડે ગોળાને ઉપર નીચે લઇ જઇ લોલકની લંબાઇમાં વધઘટ કરી શકાય છે. ગોળાને ઊંચે ચઢાવીએ

આકૃતિ ૧૮.



મુકિતકળ.
(Escapement).

તો આંદોલન–સમય ઓછો થાય છે અને ઘડિયાળ ઝડપથી ચાલે છે અને નીચે ઊતારીએ તો ઘડિયાળ ધીમું પડે છે. ઊનાળામાં લોલકની પટી આપમેળે લાંબી થાય છે ત્યારે લોલકના ગોળાને ઊંચે ચઢાવવામાં આવે છે. શિયાળાની ઠંડીમાં લોલકની પટી ટૂંકી થાય છે એટલે લોલકના ગોળાને નીચે ઉતારવો પડે છે. જો આમ કરવામાં ન આવે તો ઊનાળામાં ઘડિયાળ ધીમું પડશે અને શિયાળામાં ઝડપી બનશે. આ ચક્ર D ની સાથે પ્રમાણસર દાંતવાળાં ચક્રો જોડવાથી મીનીટ કાંટો અને કલાક કાંટો ચલાવી શકાય છે.

સાર

૧. દ્રવ્યમાન (mass) ત્રાજવાં વડે શોધવામાં આવે છે. બે સરખા દ્રવ્યમાનવાળી વસ્તુ હોય તો તેમને ત્રાજવાના એકેક પલ્લાંમાં મૂકવાથી ત્રાજવાંની દાંડી સમતોલ રહે છે. એક બાજુ તોલના કાટર અને બીજી બાજુ વસ્તુને મૂકીને દાંડી સમતોલ થાય એટલે વસ્તુનું દ્રવ્યમાન નીકળે છે. કમાનકાંટા વડે વસ્તુનો ભાર (weight)નોંધાય છે. એની આંક પટી ઉપર ભારના આંક પાડેલા હોય છે. વસ્તુનું દ્રવ્યમાન (mass) શોધવા માટે આપેલાં કાટર વડે કમાનકાંટાના આંકને દરેક જગ્યાએ ફરીથી તપાસી નક્કી કરવા જોઇએ. એક વસ્તુને પૃથ્વીની સપાટી ઉપર કમાન-કાંટાથી તોલીએ અને તેજ કાંટા વડે ઊંચા પર્વત ઉપર તોલીએ તો ઓછો ભાર નોંધાય છે. ત્રાજવાંથી વસ્તુનું દ્રવ્યમાન શોધી કઢાય છે અને કમાનકાંટાથી વસ્તુનો ભાર કઢાય છે.

૨. દ્રવ્યમાન (mass) એટલે વસ્તુમાં રહેલા દ્રવ્યનો જથ્થો. ભાર (weight) એટલે વસ્તુ ઉપર પૃથ્વીના આકર્ષણને લીધે લાગતું બળ. ગમે તે જગ્યાએ વસ્તુમાં રહેલો દ્રવ્યનો જથ્થો એક

સરખોજ રહે છે. પૃથ્વીની સપાટીથી ઊંચે જઇએ તેમ વસ્તુનો ભાર ઓછો થાય છે. દ્રવ્યમાન અચળ રહે છે; ભારમાં વધઘટ થાય છે.

૩. સમયનો એકમ સેકન્ડ છે. એકજ સ્થળે બે વાર સૂર્ય લગોલગ માથે આવે તેને એક સૌર્ય–દિવસ કહેવામાં આવે છે. એક સૌર્ય–દિવસને ૨૪ કલાકમાં વહેંચવામાં આવ્યો છે. ૧ કલાકની ૬૦ મીનીટ અને ૧ મીનીટની ૬૦ સેકન્ડ થાય છે.

સમયનું માપ લોલક વડે કાઢવામાં આવે છે. ભારે વસ્તુના ગોળાને દોરી વડે લટકાવવાથી લોલક બને છે. જ્યાં સુધી લોલકોની લંબાઇ સરખી હોય, ત્યાં સુધી દરેક લોલકનો આંદોલન–સમય એક સરખો રહે છે. ગોળાના કદ, વસ્તુ અથવા નાનાં મોટાં આંદોલનથી આંદોલન–સમયમાં ફેર પડતો નથી. લોલક ટૂંકું થાય તો સમય નાનો થાય છે અને લોલક ઝડપથી ઝુલા ખાય છે. લોલકની લંબાઇ વધે તો આંદોલન–સમય પણ લાંબો થાય છે અને તેથી લોલક ધીમેથી ઝુલા ખાય છે. પૃથ્વીની સપાટી ઉપરથી જેમ ઊંચે જઇએ તેમ આંદોલન–સમય લાંબો થાય છે, નીચે આવીએ તેમ નાનો થાય છે.

પ્રકરણ ૩

ઘનતા Density

૧. લાકડું, પત્થર, લેાખંડ અને સીસું એ ત્રણે વસ્તુના એક સરખા કદના ટુકડાને વારાફરતી હાથમાં લેતાં માલમ પડે છે કે સીસાંનેા ટુકડેા ઘણેા ભારે હેાય છે અને લેાખંડ, પત્થર, અને લાકડાનાં ટુકડેા તેથી અનુક્રમે હલકા લાગે છે. આ ઉપરથી આપણને લાગે છે કે સીસાંનું દ્રવ્ય લાકડાં કે લેાખંડ કરતાં વધુ ઘટ્ટ છે અને તેથી જ તેનું વજન પ્રમાણમાં વધુ ભારી થાય છે. એક મેાટા રૂના ઢગને પ્રેસમાં દબાવી ગાંસડી બાંધીએ છીએ ત્યારે આપણે રૂને ઘટ્ટ બનાવીએ છીએ. આથી જ ગાંસડીના રૂ કરતાં પીંજેલેા રૂ હલકેા લાગે છે. આ રીતે જુદી જુદી વસ્તુના વજનની સરખામણી કરવાથી તેમને ભારે હલકી શ્રેણીમાં ગેાઠવી શકાય છે. જો વસ્તુના કદ એક સરખાં ન હેાય તેા એકાએક તેમની ઘટ્ટતાની સરખામણી થઇ શકતી નથી. આમ છતાં નીચે દર્શાવેલા પ્રયેાગેાથી એ સરખામણી થઇ શકશે.

૨. ઘનતા Density

પ્રયેાગેા :(અ)–લેાખંડના નાના મેાટા ટુકડા લેા. દરેક ટુકડાનું વજન કરેા. જો ટુકડા નિયત આકારના હેાય તેા ગણતરી કરી તેમના કદનું માપ કાઢેા. જો ટુકડા વિરૂપાકાર હેાય તેા સ્થળાંતર પાત્ર (displacement jar) વડે તેમનું કદ શેાધી કાઢેા. દરેક ટુકડાના વજનને તેના કદ વડે ભાગેા. જો માપ સેન્ટિમિટર અને ગ્રામમાં લીધું હશે તેા છેલ્લી ગણતરી તમને એક ઘન સેન્ટિમિટર કદના લેાખંડનું વજન બતાવશે. બધી ગણતરી નીચે પ્રમાણે નેાંધેા.

	લોખંડના ટુકડાનું વજન व mass (m)	ટુકડાનું કદ क volume (v)	$\frac{\text{વજન}}{\text{કદ}} = \frac{व}{क} = \frac{m}{v}$
૧			
૨			
૩			
૪			

(ब) :—ઉપરનો પ્રયોગ બીજી કોઇ ધાતુ કે લાકડાંના જુદા જુદા કદના ટુકડા લઇ ફરીથી કરો અને તમારાં માપોની નોંધ (अ) માં બતાવ્યા મુજબ કરો.

(क) :—લોખંડ, સીસું, લાકડું, કાચ, મીણ વગેરે વસ્તુના જુદા આકારના અને કદના ટુકડા લઇ તેમનું વજન કરો. તેમના કદ સ્થળાંતર પાત્ર વડે શોધી કહાડો. દરેકના વજનને તેના કદ વડે ભાગો. તમારા માપ નીચે પ્રમાણે નોંધો. લાકડું અને મીણ પાણીથી હલકું હોવાથી સ્થળાંતર પાત્રમાં ડૂબશે નહિ. આથી એ બન્ને ટુકડાને એકાદ પિન અથવા તાર વડે પૂર્ણ ડુબાવવા પડશે.

વસ્તુનું નામ	વસ્તુનું વજન (व) mass (m)	વસ્તુનું કદ (क) volume (v)	$\frac{व}{क} = \frac{m}{v}$

(ड) :—પ્રથમ એક કાચના નાના જામનું વજન કરો. તેમાં પિપેટ અથવા બ્યુરેટ વડે માપેલા કદના જુદાં જુદાં પ્રવાહી વારાફરતી

લઇ વજન કરો. કાચના જામનું વજન બાદ કરવાથી પ્રવાહીનું વજન મળશે. દરેક પ્રવાહીના વજનને તેના કદથી ભાગો. માપો (क) માં બતાવ્યા મુજબ નોંધો.

(ह) :—ઉપરના પ્રયોગોમાંથી વસ્તુને ભારે હલકી શ્રેણીમાં ગોઠવો.

(फ) :—ઉપરના પ્રયોગો પાઉન્ડ અને ફૂટના માપ વાપરી કરો.

ઉપરના પ્રયોગો ઉપરથી માલમ પડે છે કે એકજ વસ્તુના ગમે તેટલા ટુકડા લઇએ પરંતુ તેના વજન અને કદનો ગુણોત્તર (ratio) જે છેલ્લા ખાનામાં મૂકયો છે તે સરખોજ રહે છે. એ ગુણોત્તર એક ઘન સેન્ટિમિટર કદના ટુકડાનું વજન બતાવે છે. આ ઉપરથી આપણે સમજી શકીએ છીએ કે કોઇ પણ વસ્તુના એક ઘન સેન્ટિમિટર કદના ટુકડાનું વજન હંમેશા નિયત (fixed) હોય છે. એજ પ્રમાણે (क) પ્રયોગમાંથી એક ઘન ફૂટ કદની વસ્તુનું વજન નીકળશે.

એક ઘન સેન્ટિમિટર અથવા એક ઘન ફૂટ કદની વસ્તુનું વજન (દ્રવ્યમાન) વસ્તુની ઘનતા (density) દર્શાવે છે. ગમે તે જાતના માપ વાપરીએ તો **એકમ (unit) કદની વસ્તુના વજનને (દ્રવ્યમાનને) વસ્તુની ઘનતા કહેવામાં આવે છે.**

એક વસ્તુની ઘનતા તેજ પરિસ્થિતિમાં ગમે ત્યારે માપીએ તો પણ તેની તે જ રહે છે, એટલે ઘનતાનું માપ કાઢવાથી દરેક વસ્તુની ઘટ્ટતાનો અથવા ભારે હલકાપણાનો ખ્યાલ આવે છે. પ્રયોગ (क) માં છેલ્લા ખાનામાં ઘન વસ્તુની ઘનતા મળી આવે છે. એજ પ્રમાણે પ્રયોગ (ड) માંથી પ્રવાહી ઘનતા મળે છે. એ ઘનતાને ભારે હલકી શ્રેણીમાં ગોઠવી કયી વસ્તુ પ્રમાણમાં વધુ ભારે છે અને કયી હલકી છે એ તારવી શકાય છે.

દશાંશ પદ્ધતિમાં ઘનતા એ ઘન સેન્ટિમિટર કદની વસ્તુનું વજન ગ્રામમાં દર્શાવે છે એટલે કોઈ પણ વસ્તુની ઘનતા દર્શાવતી વખતે ઘનતાને ગ્રામ દર સેન્ટિમિટર (ટૂંકમાં ગ્રા./ઘ. સેમિ.) નાં એકમથી દર્શાવવામાં આવે છે. એજ પ્રમાણે બ્રિટિશ પદ્ધતિમાં ઘનતા પાઉન્ડ દર ઘન ફૂટ (ટૂંકમાં પા /ઘ.ફૂ) એમ લખાય છે. દાખલા તરીકે લોખંડની ઘનતા બતાવવી હોય તો દશાંશ પદ્ધતિમાં ૭.૪ ગ્રા./ઘ. સેમિ. (gms./cc.) લખાય છે અને બ્રિટિશ પદ્ધતિમાં ૪૬૨.૫ પા./ઘ. ફૂ. (lb./c.ft.) લખાય છે. દશાંશ પદ્ધતિ અને બ્રિટિશ પદ્ધતિમાં ઘનતાના માપ જુદાં આવે છે.

ઘનતાની વ્યાખ્યા ઉપરથી માલમ પડે છે કે

$$\text{ઘનતા} = \frac{\text{વજન}}{\text{કદ}}, \quad \text{Density} = \frac{\text{Mass}}{\text{Volume}}$$

$$\text{ટુંકમાં ઘ} = \frac{\text{व}}{\text{क}}, \quad d = \frac{m}{v}$$

૩. ઘનતા ઉપરથી કદનું માપ

જો વસ્તુનું વજન અને કદ જાણતા હોઇએ તો ઘનતા શોધી કઢાશે. જો ઘનતા અને વજન જાણતા હોઇએ તો વસ્તુનું કદ મેળવી શકાશે. જે વસ્તુનું કદ શોધવું હોય તેનું વજન કાઢવું અને વજનને ઘનતા વડે ભાગવાથી વસ્તુનું કદ મળશે.

૪. વિશિષ્ટ ઘનતા
Specific gravity

પ્રયોગ :—(ग) એક વસ્તુનું વજન (व_1, m_1) ગ્રામમાં અને પાઉન્ડમાં કરો. ત્યાર પછી તેને સ્થળાંતર પાત્રમાં ડુબાવી સ્થળાંતર થયેલાં પાણીને એક પહેલેથી તોલેલા કાચના જામમાં ભેગું કરો. એ પાણી વસ્તુના (કદના) જેટલાંજ કદનું છે.

કાચના જામ સાથે પાણીનું વજન (व$_2$, m_2) ગ્રામમાં અને પાઉન્ડમાં કરો. જામનું વજન બાદ કરવાથી વસ્તુના જેટલા કદના પાણીનું વજન મળશે. હવે વસ્તુના ગ્રામમાં આવેલાં વજનને તેનાથી સ્થળાંતર થયેલાં પાણીના (ગ્રામમાં) વજનથી ભાગો. એજ પ્રમાણે વસ્તુના પાઉન્ડમાં આવેલા વજનને સ્થળાંતર થયેલા પાણીના (પાઉન્ડમાં) વજનથી ભાગો. તમારા અવલોકનની નીચે પ્રમાણે નોંધ કરો.

	વસ્તુનું વજન व$_1$ (m_1)	સ્થળાંતર થયેલા પાણીનું વજન व$_2$ (m_2)	$\frac{\text{વસ્તુનું વજન}}{\text{સ્થળાંતર પાણીનું વજન}} = \frac{व_1}{व_2} = \frac{m_1}{m_2}$ = વિશિષ્ટ ઘનતા = sp. gr.
ગ્રામમાં			
પાઉન્ડમાં			

ઉપરની વસ્તુનો બીજો ટુકડો લઇ ફરીથી આજ પ્રયોગ કરો.

(ह) બીજી ઘન વસ્તુ લઇ તેના ઉપર પણ (ग) માં દર્શાવેલા પ્રયોગ કરો.

આકૃતિ ૧૯.



વિશિષ્ટ ઘનતા શીશી.
Specific gravity bottle.

(ई) એક વિશિષ્ટ ઘનતા શીશી લઇ તેનું વજન કરો (व$_1$, m_1) તેમાં એકાદ પ્રવાહી ભરી તેનું વજન કરો (व$_2$, m_2) પછી એ પ્રવાહી ખાલવી નાખી, શીશી સાફ કરી અંદર પાણી ભરો અને પાછું વજન કરો (व$_3$, m_3). બીજી મોટી શીશી લઇ ફરીથી આ પ્રયોગ કરો. વજન એકવાર ગ્રામમાં અને ફરીથી પાઉંન્ડમાં કરવું. દરેક પ્રયોગમાં પ્રવાહીનું વજન કાઢી પાણીના વજનથી ભાગો. નીચે પ્રમાણે નોંધ કરો.

	વ૧ m1	વ૨ m2	વ૩ m3	પ્રવાહીનું વજન વ૨−વ૧ m2−m1	પાણીનું વજન વ૩−વ૧ m3−m1	પ્રવાહીનું વજન / પાણીનું વજન = (વ૨−વ૧)/(વ૩−વ૧) = (m2−m1)/(m3−m1) = વિશિષ્ટ ઘનતા = sp. gr.
ગ્રામમાં						
પાઉન્ડમાં						

ઉપરનો પ્રયોગ જુદાં જુદાં પ્રવાહી લઇ કરો.

ઉપરના પ્રયોગો ઉપરથી એક બાબત એ માલમ પડે છે કે એક સરખાં કદના વસ્તુ અને પાણીના વજનનો ગુણોત્તર એક સરખો જ રહે છે. કદ ગમે તેવડું હોય અને વજન ગમે તે પદ્ધતિમાં આપ્યું હોય, પરંતુ પાણીની સરખામણીમાં વસ્તુનું ભારેપણું હમેશાં એક ચોક્કસ આંકડા વડે દર્શાવી શકાય છે. પ્રયોગો (હ) અને (ઈ) માં છેલ્લા ખાના પરથી આ વસ્તુ ચોકખી દેખાઇ આવે છે.

એક વસ્તુના વજનને તેનાજ જેટલાં કદના પાણીના વજનથી ભાગતાં જે ગુણોત્તર (ratio) આવે તેને વસ્તુની વિશિષ્ટ ઘનતા કહેવામાં આવે છે.

એજ પ્રમાણે એકમ (unit) કદના વસ્તુના વજનને તેટલા જ કદના પાણીના વજનથી ભાગીએ તોપણ વિશિષ્ટ ઘનતા મળી આવે છે. એકમ (unit) કદની વસ્તુનું વજન વસ્તુની ઘનતા બતાવે છે, એટલે વસ્તુની ઘનતાને પાણીની ઘનતાથી ભાગીએ તોપણ વિશિષ્ટ ઘનતા મળી આવે છે.

x= $\;$ = વસ્તુનું વજન.

y= य = એટલાજ કદના પાણીનું વજન.

v= क = વસ્તુ અને પાણીનું કદ.

$\frac{x}{v} = \frac{क्ष}{क}$ = વસ્તુની ઘનતા.

$\frac{y}{v} = \frac{य}{क}$ = પાણીની ઘનતા.

વસ્તુની વિશિષ્ટ ઘનતા = $\frac{\text{વસ્તુની ઘનતા}}{\text{પાણીની ઘનતા}} = \frac{क्ष}{क} \div \frac{य}{क} = \frac{क्ष}{क}$

$= \frac{x}{v} \div \frac{y}{v} = \frac{x}{y} = \frac{\text{વસ્તુનું વજન}}{\text{એટલાજ કદના પાણીનું વજન}}$

$$\text{Specific gravity} = \frac{\text{Density of the body}}{\text{Density of water}}$$

$$= \frac{\text{Weight of body}}{\text{Weight of an equal volume of water}}$$

આ ઉપરથી સમજાય છે કે વિશિષ્ટ ઘનતા દરેક વસ્તુની ઘનતાની પાણીની ઘનતા સાથે સરખામણી બતાવે છે; એટલે કે એક વસ્તુ પાણીથી કેટલાગણી ભારે છે તે વિશિષ્ટ ઘનતા વડે જણાય છે. ઘનતાનું માપ બ્રિટીશ પદ્ધતિમાં અને દશાંશ પદ્ધતિમાં જુદું આવે છે, પરંતુ વિશિષ્ટ ઘનતાનું માપ એકજ રહે છે.

દાખલા તરીકે દશાંશ પદ્ધતિમાં પાણીની ઘનતા ૧ ગ્રા./ઘ. સેમિ. છે અને લોખંડની ઘનતા ૭.૪ ગ્રા./ઘ. સેમિ. છે, એટલે લોખંડની વિશિષ્ટ ઘનતા. ૭.૪ છે. એજ પ્રમાણે બ્રિટિશ પદ્ધતિમાં પાણીની ઘનતા ૬૨.૫ પા./ઘ.ફૂ. છે અને લોખંડની ઘનતા ૪૬૨.૫ પા./ઘ.ફૂ. છે, એટલે

$$\text{લોખંડની વિશિષ્ટ ઘનતા} = \frac{\text{લોખંડની ઘનતા}}{\text{પાણીની ઘનતા}} = \frac{૪૬૨\cdot૫}{૬૨\cdot૫} = ૭\cdot૪$$

આ પ્રમાણે વિશિષ્ટ ઘનતાનું માપ બન્ને પદ્ધતિમા એકજ આવે છે.

૫. ઘનતા અને વિશિષ્ટ ઘનતાનો સંબંધ

ઘનતાને હંમેશાં પા/.ઘ. ફૂ. અથવા ગ્રા./ઘ.સેમિ. ના એકમ વડે દર્શાવવામાં આવે છે. વિશિષ્ટ ઘનતા હંમેશાં સાદા આંકડા વડે દર્શાવવામાં આવે છે, કારણ કે એ માત્ર બે વજનનો અથવા બે ઘનતાનો ગુણોત્તર છે.

જુદા જુદા માપની પદ્ધતિમાં એક વસ્તુની ઘનતા હમેશાં જુદી જ આવે છે, પરંતુ વિશિષ્ટ ઘનતા માત્ર પાણીની સાથે સરખામણી બતાવતી હોવાથી હમેશાં એકજ રહે છે. પ્રયોગ (ग) અને (ङ) થી માલુમ પડે છે કે દશાંશ કે બ્રિટિશ પદ્ધતિ વાપરીએ તોપણ વસ્તુની વિશિષ્ટ ઘનતા તેની તેજ રહે છે. કેટલીકવાર બે વસ્તુની ઘનતાની સરખામણી કરવા માટે સાક્ષેપ ઘનતા (relative density) માપવામાં આવે છે. લોખંડની ઘનતાને ઍલ્યુમિનિયમની ઘનતાથી ભાગીએ અને જે ગુણોત્તર (ratio) આવે તેને લોખંડની ઍલ્યુમિનિયમ સાથેની સાપેક્ષ ઘનતા કહેવામાં આવે છે.

દશાંશ પદ્ધતિમાં ઘનતા અને વિશિષ્ટ ઘનતાના આંકડા સરખાજ હોય છે, કારણ કે પાણીની ઘનતા ૧ ગ્રા./ઘ.સેમિ. છે. આથી કોઇ વસ્તુની વિશિષ્ટ ઘનતા જાણતા હોઇએ તો દશાંશ પદ્ધતિમાં તેની ઘનતા તરતજ માલૂમ પડી આવે છે.

$$\text{વિશિષ્ટ ઘનતા} = \frac{\text{વસ્તુની ઘનતા}}{\text{પાણીની ઘનતા}}$$

એટલે

વસ્તુની ઘનતા = વિશિષ્ટ ઘનતા × પાણીની ઘનતા.

બ્રિટિશ પદ્ધતિમાં પાણીની ઘનતા ૬૨·૫ પા./ઘ.ફૂ. છે, એટલે ઉપરના સમીકરણથી એ પદ્ધતિમાં પણ વસ્તુની ઘનતા શોધી કાઢી શકાય છે.

કેટલીક વસ્તુની ઘનતા

(ગ્રામ દર ઘન સેન્ટિમિટરમાં)

ઓકનું લાકડું	૦·૮	ચાંદી	૧૦·૫
બરફ	૦·૯	સીસું	૧૧·૩
ઍલ્યુમિનિયમ	૨·૫૮	સોનું	૧૯·૩
કાચ	૨·૬	પ્લૅટિનમ	૨૧·૪
જસત	૭·૧	કેરોસિન	૦·૭૫
લોખંડ	૭·૪	આલ્કોહૉલ	૦·૭૯
પિત્તળ	૮·૫	ગ્લિસરિન	૧·૨૬
તાંબુ	૮·૯	હાઇડ્રોક્લોરીક ઍસિડ	૧·૨૭
નીકલ	૮·૯	પારો	૧૩·૬

સાર

૧. દરેક વસ્તુ એક સરખી ભારે હોતી નથી. જુદી જુદી વસ્તુનું ભારે હલકાપણું સરખાવવા ઘનતાનું માપ કાઢવું પડે છે.

૨. એકમ (unit) કદની વસ્તુના વજનને (દ્રવ્યમાનને) વસ્તુની ઘનતા કહેવામાં આવે છે. દશાંશ પદ્ધતિમાં કોઇપણ વસ્તુના એક ઘન સેન્ટિમિટર કદની વસ્તુના ગ્રામમાં વજનને (દ્રવ્યમાનને) તેની ઘનતા કહેવામાં આવે છે અને તે ગ્રામ દર સેન્ટિમિટર (ગ્રા./ઘ.

સેમિ.) વડે દર્શાવવામાં આવે છે. એજ પ્રમાણે બ્રિટિશ પદ્ધતિમાં એક ઘન ફૂટ કદની વસ્તુના પાઉન્ડમાં વજનને (દ્રવ્યમાનને) તેની ઘનતા કહેવામાં આવે છે. અને તેને પાઉન્ડ દર ઘન ફૂટ (પા./ઘ.ફૂ.) વડે દર્શાવવામાં આવે છે.

૩. આપેલી વસ્તુના વજન અને કદ શોધી વજનને કદ વડે ભાગવાથી વસ્તુની ઘનતા મળી આવે છે.

૪. જુદા જુદા માપની પદ્ધતિમાં ઘનતાના માપ જુદાં જુદાં આવે છે. આથી વસ્તુને પાણીની ઘનતા સાથે સરખાવવામાં આવે છે. વસ્તુની ઘનતાને પાણીની ઘનતા વડે ભાગવાથી જે ગુણોત્તર આવે તેને વસ્તુની વિશિષ્ટ ઘનતા કહેવામાં આવે છે. વસ્તુના વજનને તેટલાજ કદના પાણીના વજન વડે ભાગવાથી પણ વિશિષ્ટ ઘનતાનું માપ નીકળે છે.

વિશિષ્ટ ઘનતા એ માત્ર ગુણોત્તર (ratio) છે અને ગમે તે માપની પદ્ધતિમાં તેનું મૂલ્ય એક સરખુંજ રહે છે. વિશિષ્ટ ઘનતા માત્ર આંકડા વડે દર્શાવવામાં આવે છે.

જુદી જુદી માપની પધ્ધતિમાં ઘનતાનું મૂલ્ય જુદું આવે છે, ઘનતાને ગ્રા./ઘ. સેમિ. અથવા પા./ઘ. ફૂ. વડે દર્શાવવામાં આવે છે.

૫. વસ્તુના વજનને સ્થળાંતર પાત્ર વડે તે વસ્તુથી સ્થળાંતર થયેલા પાણીના વજનથી ભાગવાથી વિશિષ્ટ ઘનતા મળે છે. વસ્તુનું કદ અને તેટલાજ કદના પાણીનું વજન માપી, વસ્તુના વજનને તેટલાજ કદના પાણીના વજનથી ભાગવાથી વિશિષ્ટ ઘનતા મળે છે. વસ્તુની ઘનતાને પાણીની ઘનતાથી ભાગવાથી પણ વિશિષ્ટ ઘનતા મળે છે.

૬. બે વસ્તુની ઘનતાના ગુણોત્તરને સાપેક્ષ ઘનતા (relative density) કહેવામાં આવે છે.

પ્રકરણ ૪

આર્કિમિડિસનો નિયમ અને પ્રવાહીનું દબાણ

૧. આર્કિમિડિસ પદાર્થવિજ્ઞાનના મહાન શોધકોમાં આર્કિમિડિસનું નામ આગળ તરી આવે છે; કારણ કે પદાર્થવિજ્ઞાનનો પ્રથમ વ્યવસ્થિત અભ્યાસ તેના સમયથી શરૂ થયેલો ગણાય છે. એ વૈજ્ઞાનિક ૨૦૦૦ વર્ષ પૂર્વે ગ્રીસના સીરેક્સ નામના શહેરમાં થઇ ગયો હતો. ત્યાંનો રાજા હેરો એની શોધમાં ખૂબ રસ લેતો હતો. એકવાર સમુદ્ર કિનારે લાવી ગયેલાં વહાણને ઘણા માણસો પાછું સમુદ્રમાં ઊતારી ન શક્યાં. આ વખતે આર્કિમિડિસે રાજાને કહ્યું કે કોઈની મદદ વિના તે વહાણને સમુદ્રમાં ઊતારી શકશે. બધાના આશ્ચર્ય વચ્ચે તેણે વહાણને ઉચ્ચાલન અને ગરગડી વડે એકલે હાથે સમુદ્રમાં ઊતાર્યું. આથી આર્કિમિડિસનું માન વધ્યું. ગરગડી અને ઉચ્ચાલન વાપરી એણે મોટાં વજન ઊંચકી શકાય તેવાં યંત્રો બનાવ્યાં હતાં, અને તેનો ઉપયોગ સીરેક્સ શહેર ઉપર રોમન લોકોએ ઘેરો ઘાલ્યો ત્યારે શહેરના રક્ષણ માટે ઘણીજ અસરકારક રીતે કર્યો હતો. જ્યારે રોમન લોકો શહેર નજીક વહાણ લાવી મોટી સીડી વડે કિલ્લા ઉપર ચઢવાનો પ્રયત્ન કરતા, ત્યારે એકાએક મોટા ઊંટડા (cranes)ના લાંબા હાથો મોટાં વજન સાથે બહાર નીકળી આવતાં અને તે વડે વજનો વહાણ ઉપર ફેંકવામાં આવતા. આવી રીતે રોમન લોકોને હઠાવી કાઢવામાં આવ્યા હતા. આર્કિમિડિસ એમ કહેતો કે જો એને ઉભા રહેવાને પૃથ્વી સિવાય બીજો આધાર મળે તો તે આખી પૃથ્વીને ઊંચકી ફેંકી દઇ શકે. તેણે ઘણા યંત્રો શોધ્યાં

હતાં જેમાં ચક્રાકાર સ્ક્રૂ (worm gear) અને પાણી ઊંચે ચઢાવવાનું આર્કિમિડિસ સ્ક્રૂ પ્રખ્યાત છે.

૨. આર્કિમિડિસનો નિયમ કેમ જડયો ?

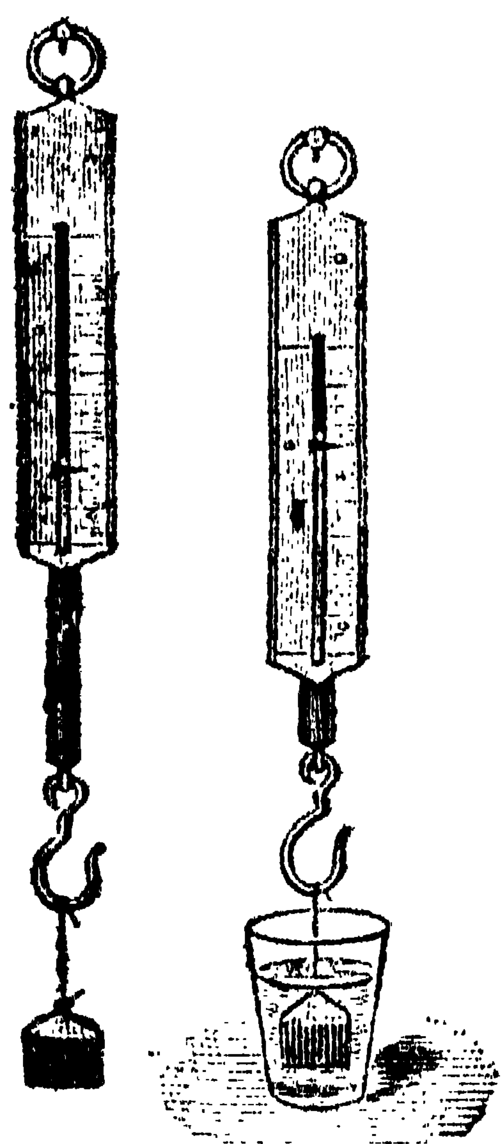
આર્કિમિડિસનો નિયમ એને અકસ્માત જ સુજેલો. હેરો રાજા ગાદી ઉપર આવ્યો ત્યારે તેણે દેવોને અર્પણ કરવા સુર્વણનો મુકુટ તૈયાર કરાવ્યો. મુકુટ બહુ સુંદર હતો પરંતુ એમ વાત ચાલી કે મુકુટમાં સોનાને બદલે થોડું રૂપું ભેળવેલું હતું. હેરો ગુસ્સે થયો પરંતુ સુંદર કારીગીરીનું કાર્ય ભાંગી નાંખી વહેમ દૂર કરવાનું તેને યોગ્ય લાગ્યું નહિ એટલે તેણે એ પ્રશ્નનો ઉત્તર આપવા આર્કિમિડિસને કહ્યું. એક વાર જ્યારે આર્કિમિડિસ પોતાના સ્નાનગૃહમાં નહાતો હતો ત્યારે તેણે જોયું કે પાણીના ભરેલા વાસણમાંથી તેના શરીરના કદ જેટલું પાણી ઉભરાઇ ગયું અને પાણીમાં એના શરીરનું વજન હલકું લાગ્યું. આ ઉપરથી તેને એકાએક હેરોના પ્રશ્નનો જવાબ આપવાની યુક્તિ સુઝી આવી અને તે એટલો આનંદિત થયો ગયો કે તેની અવસ્થાનું ભાન ભૂલી "યુરેકા, યુરેકા" (મેં શોધી કાઢયું, મેં શોધી કાઢયું) કહી નવસ્ત્રો બહાર દોડી ગયો. ત્યાર પછી તેણે મુકુટ જેટલા વજનનું સોનું અને તેટલાજ વજનનું રૂપું લઇ પાણીમાં ડુબાવી બન્ને ધાતુનું વજન કર્યું અને તે પ્રયોગથી મુકુટમાં કેટલા પ્રમાણમાં રૂપું ભળેલું હતું તે શોધી કાઢયું.

૩. આર્કિમિડિસનો નિયમ

આપણે સાધારણ રીતે અનુભવીએ છીએ કે જ્યારે એક ભારે વસ્તુને પાણીમાં ડુબાવીએ ત્યારે એનું વજન ઓછું લાગે છે. જે પત્થરને હવામાં ખસેડી શકાતો નથી તેને પાણીમાં સહેલાઇથી

ખસેડી શકાય છે. કુવામાંથી પાણી કાઢતા હોઈએ તો આ બાબત ઘણી સ્પષ્ટ જણાઈ આવે છે. પાણીથી ભરેલું વાસણ જ્યાં સુધી પાણીમાં ડૂબેલું હોય છે ત્યાં સુધી ઘણું હલકું લાગે છે, પરંતુ પાણીથી બહાર નીકળતાંજ એ ભારે લાગે છે. એ ઉપરથી સિદ્ધ થાય છે કે પાણીની અંદર ડૂબેલી વસ્તુનો ભાર ઓછો થાય છે.

આકૃતિ ૨૦.



પ્રવાહીમાં વસ્તુને ડુબાવતાં વજનનો ઘટાડો

એજ પ્રમાણે બીજા કોઇ પણ પ્રવાહીમાં વસ્તુને ડુબાવીએ તો તેમાં પણ વસ્તુ હલકી લાગે છે. આ બાબત નીચેના પ્રયોગો કરવાથી સ્પષ્ટ સમજાશે.

પ્રયોગ :–(अ) આકૃતિ (૨૦) માં બતાવ્યા મુજબ એક કમાનકાંટા (spring balance) વડે એક વસ્તુને તોલો. ત્યાર બાદ બાજુમાં બતાવ્યા મુજબ તે જ વસ્તુને પાણીમાં ડુબાવી તોલો. વસ્તુ પ્યાલાને અડકવી ન જોઇએ, અને પાણીમાં પૂર્ણ ડૂબેલી હોવી જોઇએ. કમાનકાંટા ઉપર તરતજ ભાર ઓછો થયેલો માલૂમ પડશે. પ્રયોગની નીચે મુજબ નોંધ કરો. જુદા જુદા પદાર્થોને આ પ્રમાણે તોલો.

વસ્તુનું નામ	વસ્તુનું હવામાં વજન $व_1$ (m_1)	વસ્તુનું પાણીમાં વજન $व_2$ (m_2)	વજનમાં થયેલો ઘટાડો $व_1-व_2$ (m_1-m_2)	વિશિષ્ટતા ઘનતા $= \frac{व_1}{व_1-व_2} = \frac{m_1}{m_1-m_2}$

(ब) એક સ્થળાંતર પાત્રમાં પાણી, કેરોસિન, ગ્લિસરિન વગેરે પ્રવાહી લઇ તેમાં ઉપરની વસ્તુનું વારાફરતી વજન કરો. દરેક વખતે સ્થળાંતર થયેલાં પ્રવાહીનું વજન શોધી કાઢો. વસ્તુના હવાના વજનમાંથી પ્રવાહીમાં થયેલા વજનને બાદ કરો એટલે વસ્તુના વજનમાં થયેલો ઘટાડો મળશે. નીચે પ્રમાણે પ્રયોગની નોંધ કરો.

વસ્તુનું હવામાં વજન व₁, m_1	પ્રવાહીનું નામ	વસ્તુનું પ્રવાહીમાં વજન व₂, m_2	વજનનો ઘટાડો व₁–व₂ m_1-m_2	સ્થળાંતર થયેલા પ્રવાહીનું વજન व₃, m_3
	પાણી કેરોસન ગ્લિસરિન આલ્કોહૉલ			

ઉપરના પ્રયોગ કરવાથી ખાતરી થાય છે કે વસ્તુને પ્રવાહીમાં ડુબાવીએ એટલે તેના વજનમાં ઘડાડો થાય છે. પ્રયોગ (ब) ઉપરથી બે વસ્તુ માલમ પડે છેઃ–

(૧) જે પ્રવાહી વધુ ઘટ્ટ (જેની ઘનતા વધુ હોય) તેમાં વસ્તુનું વજન વધુ ઘટે છે.

(૨) વસ્તુના વજનમાં થયેલો ઘટાડો અને સ્થળાંતર થયેલાં પ્રવાહીનું વજન સરખું હોય છે.

ઉપરની ઘટનાનો પ્રથમ શોધક આર્કિમિડિસ હતો અને

તેણે એ ઉપરથી એક નિયમ રચ્યો છે. આ નિયમને આર્કિમિડિસનો નિયમ કહેવામાં આવે છે. એ નીચે આપ્યો છે.

" એક વસ્તુને કોઇપણ પ્રવાહીમાં ડુબાવતાં એના ભારમાં જે ઘટાડો થાય તે વસ્તુના કદ જેટલાં (વસ્તુએ સ્થળાંતર કરેલાં) પ્રવાહીના ભારના જેટલોજ થાય છે.

"The loss in weight of a body immersed in a liquid is equal to the weight of the liquid displaced (liquid of an equal volume).

ટૂંકમાં

પ્રવાહીમાં ડૂબેલી વસ્તુના વજનનો ઘટાડો. = વસ્તુના જેટલા જ કદના પ્રવાહીનું વજન.

૪. આર્કિમિડિસના નિયમનો ઉપયોગ

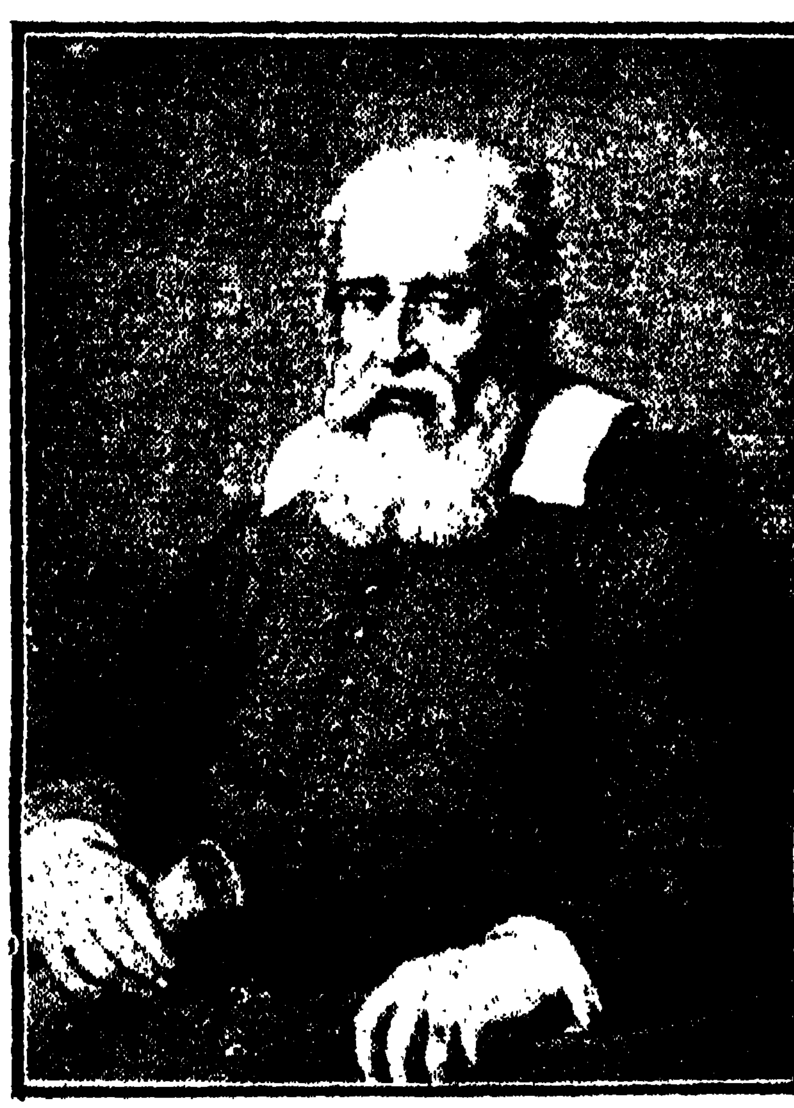
(૧) આ નિયમનો ઉપયોગ સહેલાઈથી કદ માપ્યા વિના ઘન અને પ્રવાહી વસ્તુની વિશિષ્ટ ઘનતા માપવામાં થાય છે. પ્રયોગ (अ) અને (ब) ઉપરથી ખાત્રી થાય છે કે જો એક વસ્તુને હવામાં અને પાણીમાં તોલીએ તો

વસ્તુના વજનમાં થયેલો ઘટાડો = વસ્તુના જેટલાજ કદના પાણીનું વજન

એટલે જે વસ્તુની વિશિષ્ટ ઘનતા શોધવી હોય તેને માટે (अ) માં બતાવ્યા મુજબ પ્રયોગ કરવો અને પાણીમાં ડુબાવવાથી વસ્તુના વજનમાં થયેલા ઘટાડો શોધી કાઢવો.



આર્કિમિડિસ (ઇ. પૂ. ૨૮૭–૨૧૨)



ગૅલિલિયો (૧૫૬૪–૧૬૪૨)



પાસ્કલ (૧૬૨૩-૧૬૬૨)



સર આઇઝેક ન્યૂટન (૧૬૪૨-૧૭૨૭)

$$\text{વિશિષ્ટ ઘનતા} = \frac{\text{વસ્તુનું વજન}}{\text{એટલાજ કદના પાણીનું વજન}}$$

$$= \frac{\text{વસ્તુનું વજન}}{\text{પાણીની અંદર થયેલા વસ્તુના વજનનો ઘટાડો}}$$

$$= \frac{\text{વ}_1}{\text{વ}_1 - \text{વ}_2}$$

(૨) બીજો ઉપયોગ વસ્તુનું કદ શોધવામાં પણ થાય છે. જો વસ્તુને પાણીમાં તોલી વજનનો ઘટાડો શોધીએ તો તેટલા જ કદના પાણીનું વજન મળે છે. હવે દશાંશ પદ્ધતિમાં જેટલા ગ્રામ પાણીનું વજન તેટલા જ ઘન સેન્ટિમિટર તેનું કદ હોય છે; એટલે ૫ ગ્રામ પાણી હોય તેનું કદ પણ ૫ ઘન સેન્ટિમિટર હોય છે.

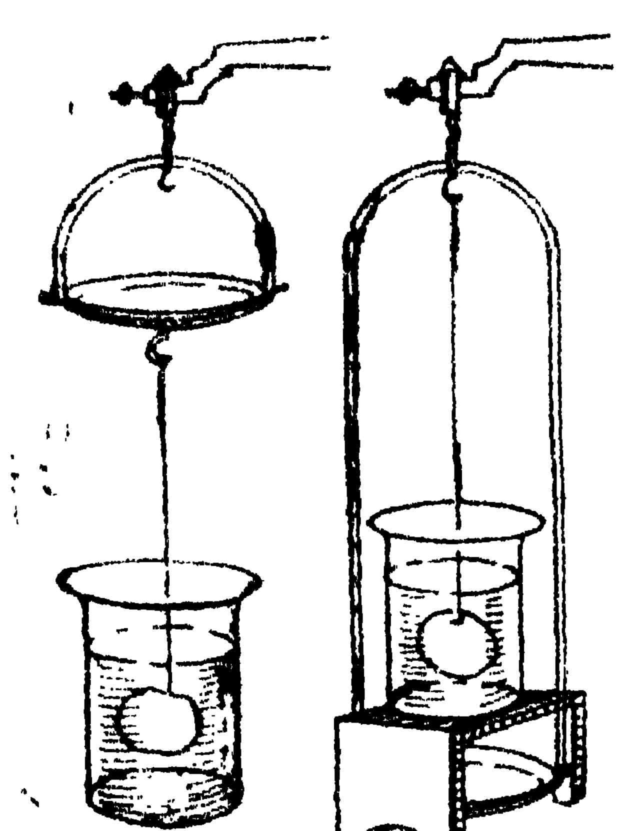
(૩) આર્કિમિડિસના નિયમ વડે પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા પણ શોધી શકાય છે. પ્રયોગ (ख) માં આપણે જોયું કે સ્થળાંતર થયેલાં પ્રવાહીનું વજન વસ્તુના વજનમાં થયેલા ઘટાડા બરાબર છે. આથી જુદાં જુદાં પ્રવાહીમાં થયેલો વસ્તુના વજનનો ઘટાડો આપણને તે વસ્તુના કદ જેટલાં પ્રવાહીનું વજન આપે છે. આથી પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા શોધવા નીચેનો પ્રયોગ કરવો.

પ્રયોગ :— (क) એક સીસાંનો ગોળો લઇ તેનું હવામાં વજન કરો (વ_1). ત્યાર પછી આકૃતિ (૨૧) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એ ગોળાને પાણીમાં લટકાવી તેનું વજન કરો (વ_2). (આ રીતે વજન કરતી વખતે ત્રાજવાનું પલ્લું છૂટું રહેવું જોઇએ). હવે બરણીમાં બીજું પ્રવાહી લઇ પાછું ગોળાનું વજન કરો (વ_3). હવે પાણીમાં અને પ્રવાહીમાં ડુબાવતાં ગોળાના વજનમાં થયેલો ઘટાડો શોધી કાઢો. પ્રવાહીમાં થયેલા વજનના ઘટાડાને પાણીમાં થયેલા ઘટાડાથી ભાગવાથી પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા મળશે. નીચે પ્રમાણે અવલોકનની નોંધ કરો.

પ્રવાહીનું નામ	ગોળાનું હવામાં વજન વ૧ m_1	ગોળાનું પાણીમાં વજન વ૨ m_2	ગોળાનું પ્રવાહીમાં વજન વ૩ m_3	પાણીમાં વજનનો ઘટાડો વ૧−વ૨ m_1-m_2	પ્રવાહીમાં થયેલો વજનનો ઘટાડો વ૧−વ૩ m_1-m_3	પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા $= \frac{વ_૧-વ_૩}{વ_૧-વ_૨} = \frac{m_1-m_3}{m_1-m_3}$

પ્રયોગ :-(ડ) પાણીથી હલકા વસ્તુની વિશિષ્ટ ઘનતા શોધવાનો

આકૃતિ ૨૧



પ્રયોગ :–પ્રથમ એક પત્થરને દોરી બાંધી ત્રાજવાંનાં પલ્લાં સાથે બાંધી તેનું પાણીમાં વજન કરો (વ૧, m_1). જે લાકડાંના ટુકડાની વિશિષ્ટ ઘનતા શોધવાની છે તેને પલ્લાંમાં મૂકી, પાણીમાં લટકેલા પત્થર સાથે વજન કરો (વ૨, m_2). હવે પત્થર અને લાકડાંનાં ટુકડાને સાથે બાંધી બન્નેને પાણીમાં ડુબાવી બન્નેનું સાથે વજન કરો (વ૩, m_3).

માત્ર પત્થરનું પાણીમાં વજન = $व_1$ = m_1

પત્થરનું પાણીમાં વજન + લાકડાનું હવામાં વજન = $व_2$ = m_2

પત્થરનું પાણીમાં વજન + લાકડાનું પાણીમાં વજન = $व_3$ = m_3

આથી

લાકડાંનું હવામાં વજન = $व_2 - व_1$ = $m_2 - m_1$

લાકડાંને પાણીમાં ડુબાવી તોલતાં

થયેલો વજનનો ઘટાડો = $व_2 - व_3$ = $m_2 - m_3$

એટલે

લાકડાંના ટુકડા જેટલા પાણીનું વજન = $व_2 - व_3$ = $m_2 - m_3$

$$\text{લાકડાંની વિશિષ્ટ ઘનતા} = \frac{\text{લાકડાનું હવામાં વજન}}{\text{તેટલાજ કદનું પાણીનુ વજન}}$$

$$= \frac{व_2 - व_1}{व_2 - व_3} \qquad \frac{m_2 - m_1}{m_2 - m_3}$$

આ રીતે મીણ, બૂચ વગેરે પાણીથી હલકી વસ્તુની વિશિષ્ટ ઘનતા શોધી કાઢો. તમારાં અવલોકન નીચે પ્રમાણે નોંધો.

વસ્તુનું નામ	પત્થરનું પાણીમાં વજન $व_1$, m_1	પત્થરનું પાણીમાં + વસ્તુનું હવામાં વજન $व_2$, m_2	પત્થરનું તેમજ વસ્તુનું પાણીમાં વજન $व_3$, m_3	વસ્તુનું હવામાં વજન $व_2 - व_1$ $m_2 - m_1$	પાણીમાં વસ્તુના વજનનો ઘટાડો $व_2 - व_3$ $m_2 - m_3$	વિશિષ્ટ ઘનતા $= \frac{व_2 - व_1}{व_2 - व_3}$ $= \frac{m_2 - m_1}{m_2 - m_3}$
લાકડું						
મીણ						
બૂચ						

ઉપરના પ્રયોગ (क) માં

$व_1 - व_3$ = પ્રવાહીમાં થયેલા વજનનો ઘટાડો.

= વસ્તુના કદ જેટલા પ્રવાહીનું વજન.

$व_1 - व_2$ = પાણીમાં થયેલા વજનનો ઘટાડો.

= વસ્તુના કદ જેટલા પાણીનું વજન.

એટલે એક સરખા કદનું પ્રવાહીનું અને પાણીનું વજન આપોઆપ મળી આવે છે.

$$\text{વિશિષ્ટ ઘનતા} = \frac{\text{પ્રવાહીનું વજન}}{\text{એટલાજ કદના પાણીનું વજન}}$$

$$= \frac{\text{આપેલી વસ્તુના કદ જેટલા પ્રવાહીનું વજન}}{\text{,, ,, ,, ,, પાણીનું વજન}}$$

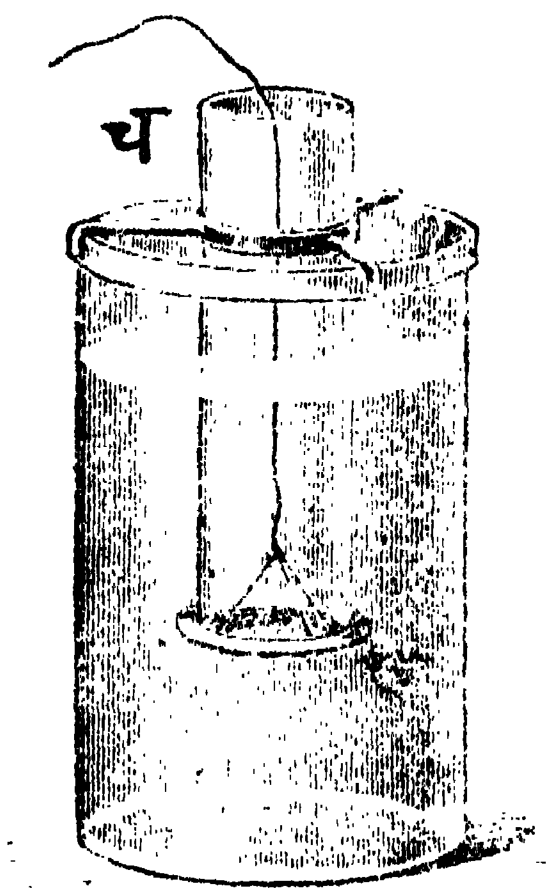
$$= \frac{व_1 - व_3}{व_1 - व_2}$$

પ્રયોગ (ड) માં પાણીથી હલકી વસ્તુ પાણીમાં આપમેળે ડૂબતી ન હોવાથી એવી વસ્તુને પત્થર જેવી ભારે વસ્તુની સાથે બાંધીને પાણીમાં ડુબાવવી પડે છે. આવી રીતે બાંધેલા પત્થરને ડૂબક (sinker) કહેવામાં આવે છે. હલકી વસ્તુને પાણીમાં ડુબાવતાં ઊંચે આવવા પ્રયત્ન કરે છે, એટલે છઠ્ઠા ખાનામાં વસ્તુના વજનનો ઘટાડો વસ્તુના વજન કરતાં વિશેષ આવે છે.

આ રીતે લાકડાં જેવી હલકી વસ્તુને પાણીમાં ડુબાવતાં વજનનો જે ઘટાડો થાય છે તે વસ્તુના વજન કરતાં વધુ હોય છે.

૨. પાણીમાં લાગતું દબાણ

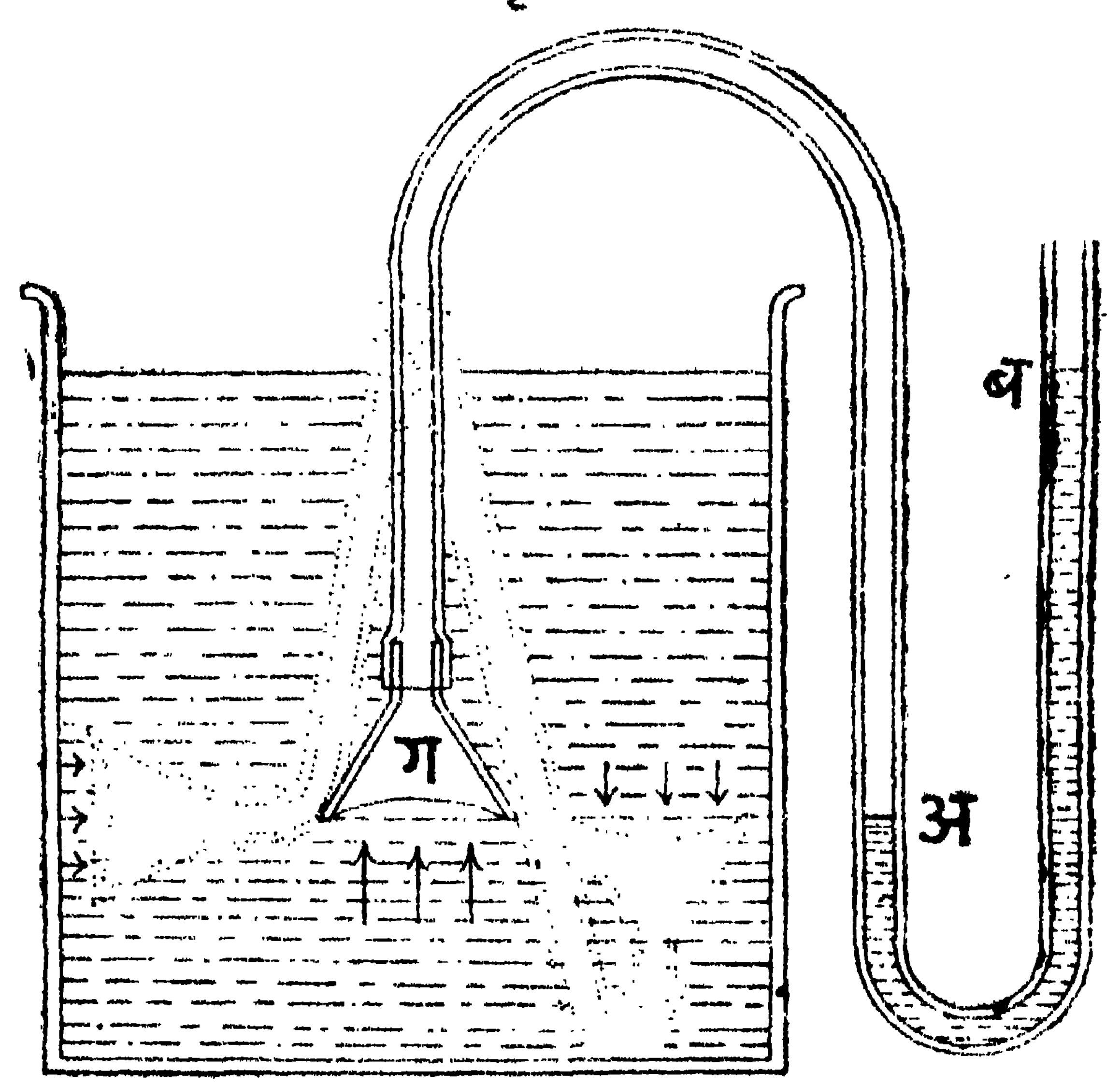
આકૃતિ ૨૨.



પ્રયોગ :—(अ) એક કાચની ચીમની (च) લઇ તેને નીચેથી એક કાચની પ્લેટ વડે બંધ કરો. હવે એ ચીમનીને આકૃતિ (૨૨) માં બતાવ્યા મુજબ પાણીમાં ડુબાવો. એમ કરવાથી માલૂમ પડશે કે કાચની પ્લેટ પડી જતી નથી. હવે ધીમે ધીમે ચીમનીમાં પાણી રેડો. જ્યારે ચીમનીમાંના અને બહારના પાણીની સપાટી લગભગ એક સરખી થાય ત્યારેજ પ્લેટ પડી જશે. ચીમનીને ફરીથી વત્તીઓછી ડુબાવી ઉપરનો પ્રયોગ પાછો કરો. દરેક વખતે પ્લેટ નીચે પડે ત્યારના ચીમનીમાંના પાણીની સપાટી અને બહારના પાણીની સપાટી સરખી થાય છે એની નોંધ કરો.

(ब) આકૃતિ ૨૩ માં બતાવ્યા મુજબ એક કાચની U-નળી લો અને તેમાં થોડું રંગવાળું પાણી ઉમેરો. હવે એક ગરણી (ग)ને એ કાચની નળીના એક છેડા સાથે રબરની લાંબી નળી વડે જોડો. ગરણીનું મોં એક પાતળા રબરના પડદાથી બંધ કરો.

આકૃતિ ૨૩.



પાણીના દબાણનો પ્રયોગ.

કાચની ગરણીને પાણીના વાસણમાં ધીમે ધીમે ડુબાવો અને સાથે U-નળીમાં રહેલાં

રંગીન પાણીની સપાટીનું અવલોકન કરો (**અ, બ**). જેમ ગરણીને નીચે ઉતારશો તેમ U–નળીના પાણીની સપાટીનો તફાવત **અને પણ** વધતો જશે.

ગરણીને અમુક ઊંડાઇએ આડી, ઉલટી કે સવળી રાખશો તો પણ U–નળીના પાણીની સપાટી તેની તેજ રહે છે.

ઉપરના પ્રયોગ (**અ**) માંથી માલૂમ પડે છે કે પાણીમાં ડુબેલી કાચની પ્લેટ ઉપર નીચેથી દબાણ થાય છે. એ દબાણ કેટલું છે તે પણ એમાંથી જણાય છે. જ્યારે ચીમનીમાં બહારનાં પાણીની સપાટી જેટલું પાણી રેડીએ ત્યારેજ પ્લેટ નીચે પડે છે. આ ઉપરથી સમજાય છે કે પ્લેટની નીચેથી થતું દબાણ પ્લેટની ઉપર આવેલા પાણી જેટલુંજ થાય છે. જ્યારે ચીમનીની બહારના અને અંદરના પાણીની સપાટી સરખી થાય ત્યારે પ્લેટની ઉપરથી અને નીચેથી થતું દબાણ બરાબર સરખું થાય છે. આથી કાચની પ્લેટ પોતાના વજનથી નીચે પડે (ડૂબે)છે.

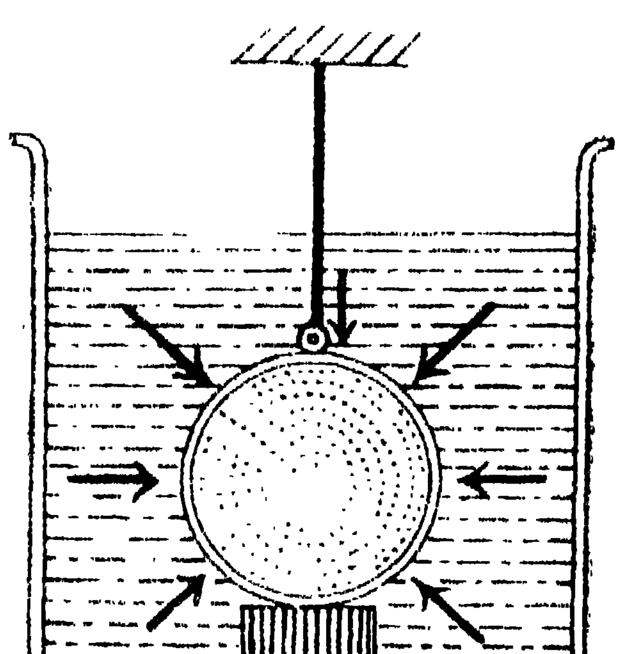
પ્રયોગ (**બ**)માં ગરણીને પાણીમાં ડુબાવીએ એટલે ગરણીના પાતળા રબરના પડદા ઉપર પાણી દબાણ કરે છે. આ દબાણથી ગરણીની અંદર રહેલી હવા સંકોચાય છે અને તેથી U–નળીમાં રંગીન પાણીની સપાટી એકસરખી રહેતી નથી. એ પાણીની સપાટીની ઊંચાઇનો તફાવત ગરણીના પડદા ઉપર થતાં દબાણની બરાબર થાય છે. આથી એક વસ્તુ એ માલૂમ પડે છે કે પાણીમાં વધુ ઊંડાઇએ ગરણી ઉપર દબાણ વધે છે અને તેથી U–નળીમાંના પાણીની સપાટીનો તફાવત પણ વધતો જાય છે. બીજી વસ્તુ એ માલમ પડે છે કે અમુક ઊંડાઇએ ગરણીનું મોં ગમે તે દિશામાં હોય છતાં તેના ઉપર થતું દબાણ સરખુંજ રહે છે. પાણીની અંદર થતું દબાણ માત્ર ગરણીની પાણીની અંદરની ઊંડાઈ ઉપરજ આધાર રાખે છે.

ટૂંકમાં (૧) પાણીની અંદર ગમે તે બિંદુએ થતું દબાણ સપાટીથી બિંદુની ઊંડાઇ ઉપર આધાર રાખે છે. ઊંડાઇ વધુ તેમ દબાણ વધુ; (૨) પાણીની અંદરના એક બિંદુ આગળ પાણીનું દબાણ દરેક દિશામાં એકસરખુંજ હોય છે.

પાણીની જગ્યાએ બીજું પ્રવાહી લઇએ તો તેમાં થતું દબાણ પણ ઉપર બતાવેલા નિયમને આધારેજ થશે. માત્ર ફેર એટલોજ કે જે પ્રવાહી વધારે ઘટ્ટ હોય તેમાં વધુ દબાણ થાય છે અને પાતળું હોય તેમાં ઓછું દબાણ થાય છે.

૬. પ્રવાહીમાં ડુબાવેલી વસ્તુ ઉપર લાગતું શિરદાબ (upthrust)

આકૃતિ ૨૪.



પ્રવાહીમાં થતું દબાણ.

આકૃતિ (૨૪) માં એક ભારે વસ્તુના ગોળાને પાણીમાં લટકાવેલો છે. એની સપાટી ઉપર પાણીનું દબાણ તિરથી બતાવેલું છે. હમેશાં પ્રવાહીનું દબાણ તેમાં રહેલી સપાટી ઉપર લંબ (perpendicular) દિશામાં થાય છે. ગોળા ઉપર ચારે બાજુથી દબાણ થાય છે. ગોળાની ઉપલી સપાટી ઉપરનું દબાણ નીચે થાય છે અને નીચેની સપાટી ઉપરનું દબાણ ઊંચે થાય છે. ઉપરનું દબાણ અને નીચેથી થતું દબાણ સરખાં નથી. નીચેની ઊંડી સપાટીએ થતું પાણીનું દબાણ સૌથી વિશેષ હોય છે. ગોળાની ઉપર આજુબાજુ થતું દબાણ સામસામી દિશામાં સમતોલ થઇ જાય છે. માત્ર ઉપરનું અને નીચેનું દબાણ સમતોલ થતું નથી. ઉપરના દબાણ કરતાં નીચેનું દબાણ વધુ હોવાથી ગોળા ઉપર પ્રવાહી ઊંચે દબાણ કરે છે. એજ પ્રમાણે

કોઈ પણ વસ્તુને પાણીમાં અથવા પ્રવાહીમાં ડુબાવીએ તો તેના ઉપર શિરદાબ (upthurst) લાગે છે. શિરદાબ એટલે ઊંચી દિશામાં લાગતું દબાણ. લોખંડ જેવી પાણીથી ભારે વસ્તુને શિરદાબ લાગે છે, તેથી જ તેનું પાણીમાં વજન ઓછું થાય છે. લાકડાં જેવી હલકી વસ્તુને પાણીમાં ડુબાવીએ તો તેના ઉપર લાગતું શિરદાબ તેના વજન કરતાં વધારે હોય છે, એટલે લાકડું પાણીમાં ડૂબવાને બદલે તરી નીકળે છે.

૭. પ્રવાહીમાં ડૂબેલી વસ્તુ ઉપર લાગતાં શિરદાબનું માપ

આર્કિમિડિસના નિયમ ઉપરથી અને ઉપરના પ્રયોગ ઉપરથી આપણને સમજાય છે કે એક વસ્તુને પ્રવાહીમાં ડુબાવતાં તેના વજનમાં જે ઘટાડો થાય છે તે વસ્તુના કદ જેટલાં પ્રવાહીના વજનના જેટલો હોય છે. આ ઘટાડો થવાનું કારણ પ્રવાહીનું શિરદાબ (upthrust) જ છે.

આથી

પ્રવાહીનું શિરદાબ = પ્રવાહીમાં વસ્તુના ભારનો થતો ઘટાડો
= વસ્તુના કદ જેટલા પ્રવાહીનું વજન

આ ઉપરથી સ્પષ્ટ સમજાય છે કે

કોઇ પણ ડૂબેલી વસ્તુ ઉપર **લાગતું પ્રવાહીનું શિરદાબ વસ્તુના કદ જેટલા પ્રવાહીના વજન જેટલું હોય છે.**

૮. પ્રવાહીમાં વસ્તુ ડુબશે કે તરશે એ જાણવું.

પ્રયોગઃ–નિયત આકારનો લોખંડનો ટુકડો લઇ તેનું વજન કરો (व, m) તેનું કદ માપ વડે શોધી કહાડો (क, v). વજનને કદથી ભાગી ઘનતા શોધી કહાડો (घ = व/क, d = m/v).

હવે એક પ્યાલાનું વજન કરી તેમાં માપેલા કદનો થોડો પારો રેડી ફરીથી વજન કરો. એમાંથી પારાનું વજન

શોધી કાઢો ($व_1$). ધારો કે કદ $क_1$ છે. પારાની ઘનતા $घ_1 = व_1 \times क_1$ આવશે. લોખંડના ટુકડાના કદ જેટલા પારાનું વજન $व' =$ કદ × ઘનતા $= क \times घ_1$ થશે. હવે $क$ કદના લોખંડના અને તેટલાજ કદના પારાના વજનમાં કયું વજન વધારે ભારે થાય છે એની નોંધ કરો. લોખંડને પારામાં નાંખવાથી ડૂબશે કે તરશે એનું અનુમાન કરો. લોખંડના ટુકડાને પારામાં નાંખી તમારા અનુમાનની ખાત્રી કરો.

ઉપરનોજ પ્રયોગ લોખંડ અને પાણી લઇને કરો અને તમારાં અનુમાનની ખાત્રી કરો.

ઉપરના પ્રયોગ વડે એક વસ્તુનું વજન અને તેટલા જ કદના પ્રવાહીનું વજન એકમેકથી સ્વતંત્ર માપથી શોધી કાઢયું છે. લોખંડના ટુકડાનું વજન અને તેટલાજ કદના પારાનું વજન જોતાં માલૂમ પડે છે કે પારાનું વજન લોખંડથી ભારે છે, અને લોખંડ પારાની ઉપર તરે છે.

લોખંડના ટુકડાનું વજન $= व = घ \times$

એટલા કદના પારાનું વજન $= व' = घ_1 \times$

લોખંડ ઉપર લાગતું શિરદાબ = એટલા જ કદના પારાનું વજન $= व'$

પ્રયોગ (૧) ઉપરથી એ વસ્તુ સમજાય છે કે $व' > व$ છે અને લોખંડ પારામાં તરે છે; એટલે કે લોખંડ ઉપર લાગતું શિરદાબ લોખંડના વજન કરતાં વધારે છે. બીજા પ્રયોગ (૨) માંથી સમજાશે કે લોખંડના ટુકડાનું વજન તેટલા જ કદના પાણી કરતાં વધુ છે અને તેથી લોખંડના વજન કરતાં શિરદાબ ઓછું છે. આ

ઉપરથી આપણે નીચેના નિયમ તારવી શકીએ કે

(૧) શિરદાબ > વસ્તુનું વજન હોય તો વસ્તુ પાણીમાં તરે છે.

(૨) શિરદાબ = ,, ,, હોય તો વસ્તુ પાણીની અંદર સમતોલ રહે છે.

(૩) શિરદાબ < ,, ,, હોય તો વસ્તુ પાણીમાં ડૂબે છે,

પ્રયોગ (૧) માંથી આપણે ઉપલા નિયમોને સાદાં રૂપમાં તારવી શકીએ છીએ.

व = વસ્તુનું વજન, क = વસ્તુનું કદ, घ = વસ્તુની ઘનતા

અને

व_1 = પ્રવાહીનું વજન, क = પ્રવાહીનું કદ, घ_1 = પ્રવાહીની ઘનતા

$$\text{व} = \text{क} \times \text{घ} \quad \text{અને} \quad \text{व}_1 = \text{क}_1 \times \text{घ}_1$$

હવે

व_1 = વસ્તુના કદ જેટલા પ્રવાહીનું વજન

= વસ્તુ ઉપર લાગતું શિરદાબ.

જો

શિરદાબ > વસ્તુનું વજન

$$\therefore \text{व}_1 > \text{व}$$

$$\therefore \text{क} \times \text{घ}_1 > \text{क} \times \text{घ}$$

$$\therefore \text{घ}_1 > \text{घ}$$

એજ પ્રમાણે જો

શિરદાબ = વસ્તુનું વજન હોય તો $\text{घ}_1 = \text{घ}$

અને શિરદાબ < વસ્તુનું વજન હોય તો $\text{घ}_1 < \text{घ}$

આથી આપણે ફરીથી ઉપર આવેલા ૧, ૨ અને ૩ નિયમો ફરીથી નીચે પ્રમાણે તારવી શકીએ.

(૧) $ઘ_1 >$ ઘ (પ્રવાહીની ઘનતા કરતાં વસ્તુની ઘનતા ઓછી) હોય તો વસ્તુ પ્રવાહીમાં તરે છે.

(૨) $ઘ_1 =$ ઘ (પ્રવાહીની ઘનતા અને વસ્તુની ઘનતા સરખી) હોય તો વસ્તુ પ્રવાહીની અંદર ગમે ત્યાં સમતોલ રહે છે.

(૩) $ઘ_1 <$ ઘ (પ્રવાહીની ઘનતા કરતાં વસ્તુની ઘનતા વધારે) હોય તો વસ્તુ પ્રવાહીમાં ડૂબે છે.

એટલે વસ્તુની ઘનતા પાણીથી ઓછી હોય તો વસ્તુ તરતી રહેશે નહીંતર ડૂબી જશે.

૯. દબાણ અને જોર (Pressure and force) પ્રવાહીમાં થતાં દબાણ (pressure)ને હમેશાં એકમ ક્ષેત્રફળ જેટલી સપાટી (unit area) ઉપર થતાં દાબ અથવા ભારવડે માપવામાં આવે છે. એક સરખા આડછેડ (cross section) અથવા ઘેરાવાવાળાં વાસણને પ્રવાહીથી ભરીએ તો એનાં તળિયાં ઉપર લાગતું જોર પ્રવાહીના વજન જેટલું થશે. એટલે તળિયાં ઉપર લાગતું દબાણ (pressure) શોધવું હોય તો જોરને ક્ષેત્રફળથી ભાગવું પડશે, જેથી એકમ ક્ષેત્રફળ (unit area *i. e.* 1 sq. cm or 1 sq. ft.) ઉપર લાગતું જોર અથવા દબાણ મળી આવશે.

એકમ ક્ષેત્રફળ ઉપર લાગતો ભાર = દબાણ (pressure)

આખી સપાટી ઉપરનો ભાર = જોર (force)

અને કુલ જોર (force) = દબાણ (pressure) × ક્ષેત્રફળ (area)

અથવા $\text{દબાણ} = \frac{\text{જોર.}}{\text{ક્ષેત્રફળ}}$, $\text{pressure} = \frac{\text{force}}{\text{area}}$

૧૦. પ્રવાહીમાં થતું દબાણ
Pressure within a liquid.

કોઇ પણ પ્રવાહીની ઘનતા જાણતા હોઇએ અને અમુક ઊંડાઇએ આપણે દબાણ (એક ચોરસ સેન્ટિમિટર ઉપરનું જોર) કાઢવું હોય તો તે નીચેના સમીકરણથી મળશે.

જો द = દબાણ, घ=ઘનતા, उ=ઊંડાઇ (શીરોલંબ vertical) તો, દબાણ = ઘનતા × ઊંડાઇ, pressure = height × density

द = घ × उ   p = h × d

આ દબાણ આગળ બતાવ્યું તેમ દરેક દિશામાં વ્યાપી રહે છે. ઉપર બતાવ્યા પ્રમાણે એક સાધારણ નિયમ હવે ધ્યાનમાં રાખવો ઠીક પડશે કે

પ્રવાહીની અંદર કોઇપણ બિંદુ આગળ થતું દબાણ, તેની ઘનતા અને એ બિંદુની પાણીની ઉપરની ખુલ્લા સપાટીથી શિરોલંબ (vertical) ઊંડાઇના ગુણાકારથી મળે છે.

(એ દબાણ એક ચોરસ સેન્ટિમિટર સપાટી ઉપર લંબ દિશામાં લાગે છે. દબાણ ગ્રામ દર ચોરસ સેન્ટિમિટર અથવા પાઉન્ડ દર ચોરસ ફૂટ વડે માપવામાં આવે છે). અમુક સપાટી ઉપર લાગતું પ્રવાહીનું કુલ જોર (force) કાઢવું હોય તો દબાણને ક્ષેત્રફળથી ગુણવું પડશે કારણ કે,

જોર = દબાણ × ક્ષેત્રફળ
force = pressure × area

૧૧. તરતી વસ્તુના નિયમ

પ્રયોગ :—(अ) : એક લાકડાંનો ટુકડો લઇ તેનું વજન કરો. પછી તેને પાણીથી ભરેલા એક સ્થળાંતર પાત્રમાં ધીમેથી મૂકી સ્થળાંતર થયેલાં પાણીનું વજન કરો. ત્યાર બાદ લાકડાંનાં ટુકડા પર સંભાળથી ૫,૧૦,૧૫...ગ્રામનું વજન વારા ફરતી મૂકી

દર વખતે ઉભરાયલા પાણીનું વજન કરો. દરેક વખતે માલૂમ પડશે કે તરતી વસ્તુનું કુલ વજન (લાકડાંના કટકાનું વજન + ઉપર મૂકેલું વજન) = સ્થળાંતર થયેલાં પાણીનું વજન.

(ब) : એક કદમાપક પાત્ર લો અને તેને અડધું પાણીથી ભરી કદ માપો. ત્યારબાદ તેમાં એક લાકડાનો ટુકડો મૂકો અને પાણીની ઉપરની સપાટીનો આંકડો વાંચો. આમાંથી પહેલું કદ બાદ કરી કદનો વધારો क શોધો. ત્યારબાદ કદમાપક પાત્રમાં કેરોસિન, સ્પિરિટ, ગ્લિસરિન વગેરે જુદાં જુદાં પ્રવાહી લઇ તેમાં એજ લાકડાનો ટુકડો મૂકી કદનો વધારો શોધી કાઢો.

પ્રવાહી	પ્રવાહીની ઘનતા घ	કદનો વધારો क	સ્થળાંતર થયેલાં પ્રવાહીનું વજન = घ × क
પાણી			
ગ્લિસરિન			
કેરોસિન			
સ્પિરિટ			

પ્રયોગ ઉપરથી માલૂમ પડશે કે જેમ પ્રવાહીની ઘનતા **ઓછી** તેમ વધારે પ્રવાહી સ્થળાંતર થશે, અને દરેક સ્થળાંતર થયેલા પ્રવાહીનું વજન એકસરખું રહેશે.

(क) : એક લાકડાંનો નળાકાર (cylinder) લો. એના એક છેડા ઉપર થોડું સીસું ચોંટાડો. હવે એ લાકડાંના ટુકડાને અનુક્રમે પાણીમાં, ગ્લિસરિનમાં, કેરોસિનમાં, આલ્કોહૉલમાં અને એવાં બીજા પ્રવાહીમાં મૂકો. દરેક વખતે ડૂબેલા ભાગ ઉપર નિસાની કરો. લીધેલા પ્રવાહીની ઘનતાની નોંધ કરો (અથવા પ્રયોગથી શોધી કાઢો). લાકડાંના ડૂબેલા ભાગની લંબાઇ અને પ્રવાહીની ઘનતાનો ગ્રાફ દોરો. ગ્રાફ ઉપરથી શું અનુમાન કાઢશો ? તમારાં અવલોકન નીચે પ્રમાણે નોંધો.

પ્રવાહીનું નામ	પ્રવાહીની ઘનતા ઘ	લાકડાના ડૂબેલા ભાગની લંબાઇ લ	$\frac{ल}{घ}$
પાણી			
ગ્લિસરિન			
કેરોસિન			
આલ્કોહોલ			

(ड) : પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા કાઢવાનો પ્રયોગ: અમુક હલકી વસ્તુને જુદા જુદા પ્રવાહીમાં તરતી મૂકવામાં આવે તો દરેકમાં વસ્તુના વજન જેટલું પ્રવાહી સ્થળાંતર કરશે પરંતુ પ્રવાહીની ઘનતા જુદી હોવાથી સ્થળાંતર થએલા પ્રવાહીનું કદ જુદું જુદું આવશે.

ધારો કે $घ_1$ = પાણીની ઘનતા; $क_1$ = વસ્તુથી સ્થળાંતર પાણીનું કદ;

$घ_2$ = પ્રવાહીની ઘનતા; $क_2$ = તેજ વસ્તુથી સ્થળાંતર પ્રવાહીનું કદ

તો $घ_1 \times क_1$ = સ્થળાંતર થયેલા પાણીનું વજન.

= તરતી વસ્તુનું વજન.

$घ_2 \times क_2$ = સ્થળાંતર થયેલા પ્રવાહીનુ વજન.

= તરતી વસ્તુનું વજન.

એટલે $घ_1 \times क_1 = घ_2 \times क_2$; $\frac{घ_2}{घ_1} = \frac{क_1}{क_2}$

પરંતુ પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા = $\frac{\text{પ્રવાહીની ઘનતા}}{\text{પાણીની ઘનતા}} = \frac{घ_2}{घ_1} = \frac{क_1}{क_2}$

= $\frac{\text{સ્થળાંતર થએલાં પાણીનું કદ}}{\text{સ્થળાંતર થએલાં પ્રવાહીનું કદ}}$

(ढ) : એક નળીવાળું પાત્ર પાણીથી ભરો અને તેમાં એક લાકડાંનો ટુકડો મૂકો. નળીવાટે બહાર નીકળેલા પ્રવાહીનું કદ માપો. ત્યારબાદ કેરોસિન વગેરે પ્રવાહી વાપરી દરેકમાં સ્થળાંતર થયેલાં

પાણીના કદને ઉભરાયલા પ્રવાહીના કદથી ભાગવાથી પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા મળશે.

હવે આપણે તરતી વસ્તુના નિયમ ઉપર દર્શાવેલી રીતે તારવી કાઢીશું. હમેશાં તરતી વસ્તુનો થોડો ભાગ પ્રવાહીની અંદર ડૂબેલો હોય છે.

વસ્તુ પ્રવાહીમાં સમતોલ રહે તે માટે તરતી વસ્તુનું વજન અને પ્રવાહીનું શિરદાબ સરખું હોવું જોઇએ.
એટલે,

તરતી વસ્તુનું વજન = પ્રવાહીનું શિરદાબ

પરંતુ વસ્તુ આખી ડૂબેલી ન હોવાથી પ્રવાહીનું શિરદાબ માત્ર ડૂબેલા ભાગથી સ્થળાંતર થયેલા પ્રવાહીના વજન જેટલુંજ હોય છે; એટલે,

તરતી વસ્તુનું વજન = સ્થળાંતર થયેલા પ્રવાહીનું વજન.

આ નિયમ ખાસ ઉપયોગી છે. સ્પષ્ટ શબ્દોમાં કહીએ તો આનો અર્થ એમ થાય કે

એક તરતી વસ્તુને જે પ્રવાહીમાં મૂકીએ તે પ્રવાહીનો જેટલો ભાગ સ્થળાંતર થાય છે તેનું વજન તરતી વસ્તુનાં વજન જેટલું થાય છે.

એકજ વસ્તુને જુદા જુદા પ્રવાહીમાં ડુબાવવામાં આવે તો દરેકમાં સ્થળાંતર થયેલાં પ્રવાહીનું વજન સરખું આવે છે. પરંતુ જુદાં જુદાં પ્રવાહીની ઘનતા જુદી હોવાથી વત્તુંઓછું પ્રવાહી સ્થળાંતર થશે. એટલે કે એકજ તરતી વસ્તુ જુદાં પ્રવાહીમાં વત્તીઓછી ડૂબશે. જો પ્રવાહીની ઘનતા ઘણી હશે તો ઓછું પ્રવાહી સ્થળાંતર થશે અને ઘનતા ઓછી હશે તો ઘણું પ્રવાહી સ્થળાંતર થશે. અથવા બીજા શબ્દોમાં તરતી

વસ્તુ વધુ ઘનતાવાળાં પ્રવાહીમાં ઓછી ડૂબશે અને ઓછી ઘનતાવાળાં પ્રવાહીમાં વધુ ડૂબશે.

૧૨ સ્ટિમર અને સબમરિન આજ નિયમને આધારે લોખંડના બનેલાં પાત્ર અથવા ધાતુની બનેલી સ્ટિમરો પાણીમાં તરી શકે છે. સ્ટિમરના કદ જેટલું પાણી લઇએ તો એ પાણીનું વજન સ્ટિમરના વજન કરતાં વધુ થશે. સ્ટિમરના કદનો ઘણો ખરો ભાગ હવાથી ભરેલો છે, એટલે ધાતુ પાણીથી ભારે હોવા છતાં કદના પ્રમાણમાં આખી સ્ટિમરનું વજન એટલાજ કદના પાણીના કરતાં હલકું થાય છે. સબમરિનનો નિયમ પણ હવે સ્પષ્ટ થશે. પ્રથમ સબમરિન પાણી ઉપર તરતી હોય છે, કારણ કે ઘણોખરો ભાગ હવાથી ભરેલો હોવાથી આખી સ્ટિમર એટલાજ કદના પાણીથી સહેજ હલકી છે. જ્યારે સબમરિનને પાણીમાં ડુબાવવી હોય ત્યારે તેના આખા કદની ઘનતા પાણીની ઘનતા જેટલી કરવી જોઇએ; એટલે કે સબમરિનનું અને તેટલાજ કદના પાણીનું વજન સરખું જોઇએ. આમ કરવા માટે સબમરિનના નીચેના ભાગમાં સમુદ્રનું પાણી ભરી દઈ એના વજનમાં વધારો કરવાની વ્યવસ્થા રાખવામાં આવે છે. જ્યારે સબમરિનને ડુબાવવી હોય ત્યારે તેમાં પાણી દાખલ કરવામાં આવે છે. અમુક પ્રમાણમાં પાણી દાખલ કરતાં સબમરિનનું વજન એટલા કદના પાણીના વજન જેટલુંજ થાય છે આ રીતે સબમરિનને પાણીની અંદર સમતોલ રાખી શકાય છે.

૧૩. દ્રવતુલા Hydrometer વજન કર્યા વિના પ્રવાહીની ઘનતાનું માપ કાઢવા માટે પ્રયોગ (ક)માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક સાધન તૈયાર કરવામાં આવ્યું છે. એને દ્રવતુલા (પ્રવાહીની ઘનતા કાઢનારું સાધન,

hydrometer) કહેવામાં આવે છે (આકૃતિ ૨૫). આખું સાધન કાચનું બનેલું છે. એમાં એક લાંબી અને એક સરખી નળી છે. એના ઉપર વિશિષ્ટ ઘનતાના આંકો પાડેલા છે. વચ્ચેનો ભાગ ફૂલવેલો છે. તેમાં ઘણી હવા ભરેલી હોવાથી એ સાધન પ્રવાહીમાં તરે છે. નીચેના ભાગની અંદર થોડી સીસાંની ગોળી રાખેલી છે, જેથી પ્રવાહીમાં આખું દ્રવતુલા શિરોલંબ (vertical) રહી શકે છે. જુદા જુદા પ્રવાહીમાં મૂકવાથી એ વત્તુંઓછું ડૂબશે. એના ઉપર વિશિષ્ટ ઘનતાના માપો આંકેલા છે, એટલે તરતજ પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા માલૂમ પડી આવે છે. દ્રવતુલાનો ઉપયોગ દૂધની વિશિષ્ટ ઘનતા માપવામાં ઘણો થાય છે કારણ કે દૂધની ઘનતા વત્તીઓછી હોય તે દ્રવતુલાને અંદર મૂકતાંજ ખબર પડી જાય છે. જો દૂધમાં પાણી ઉમેર્યું હોય તો દૂધની ઘનતા ઘટી જશે કારણ કે પાણી દૂધથી હલકું છે. દૂધમાંથી મલાઇ કાઢી લીધી હોય તો હલકો પદાર્થ ઘટવાથી દૂધની ઘનતા વધી જશે. એટલે દૂધની ઘનતામાં કેટલો ફેર પડયો છે તે આ જાતનું સાધન તરત બતાવી આપે છે. દૂધની વિશિષ્ટ ઘનતા માપવાના સાધનને પયતુલા (lactometer) કહેવામાં આવે છે. મોટરની અંદર વપરાતી બૅટરીમાં અમુક ઘનતાનું જ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનું દ્રાવણ (solution) વાપરવું પડે છે, એટલે તેની વારંવાર તપાસ કરવા માટે પણ આવું સાધન ઉપયોગી થઈ પડે છે. આ સાધનને બૅટરીમાં મૂકતાંજ એ પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા માલૂમ પડી આવશે અને બૅટરીના

આકૃતિ ૨૫.



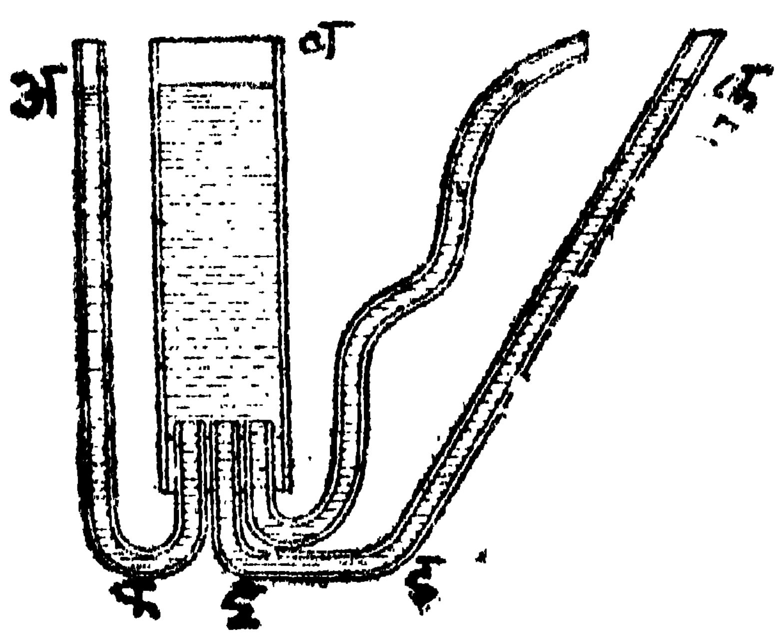
દ્રવતુલા. Hydrometer.

પ્રવાહીને ખાલી કરી તપાસવાની જરૂર રહેતી નથી.

૧૪. પ્રવાહીની સપાટી આકૃતિ (૨૬) માં બતાવેલી નળી લઈને અંદર કોઇપણ પ્રવાહી રેડીએ તો માલૂમ પડશે કે દરેક નળીમાં પ્રવાહી એકસરખી ઊંચાઈએ રહેશે. આ જાતનો અનુભવ ચાદાનીમાં થાય છે. ચાદાનીની અંદરના અને એના નાળચામાંના પાણીની સપાટી એક સરખી જ રહે છે.

" એક બીજા સાથે સંધાએલાં વાસણમાં હંમેશાં એકરૂપ પ્રવાહીની સપાટી એકજ ઊંચાઈએ રહે છે."

આકૃતિ ૨૬.



પ્રવાહીનો આ એક મુખ્ય ગુણધર્મ (property) છે. આનું કારણ નીચે સમજાવવામાં આવ્યું છે. (આમ છતાં એક નળીમાં પારો રેડીએ અને બીજીમાં તેલ અથવા કેરોસિન રેડીએ તો તેલની ઉપરની સપાટી અને પાણીની સપાટી સરખી રહેશે નહિ કારણ કે ઉપરનો નિયમ માત્ર એક જ જાતના એકરૂપ 'homogeneous' પ્રવાહી હોય તેને જ લાગુ પડે છે.

ઉપરની આકૃતિ (૨૬) માં જોતાં માલૂમ પડે છે કે ह, इ અને फ આગળ આવેલી સપાટી ઉપર પ્રવાહીનું દબાણ એક સરખું હોવું જોઇએ. મધ્યના બિંદુ ઉપરનું દબાણ આપણે શોધી કાઢીએ.

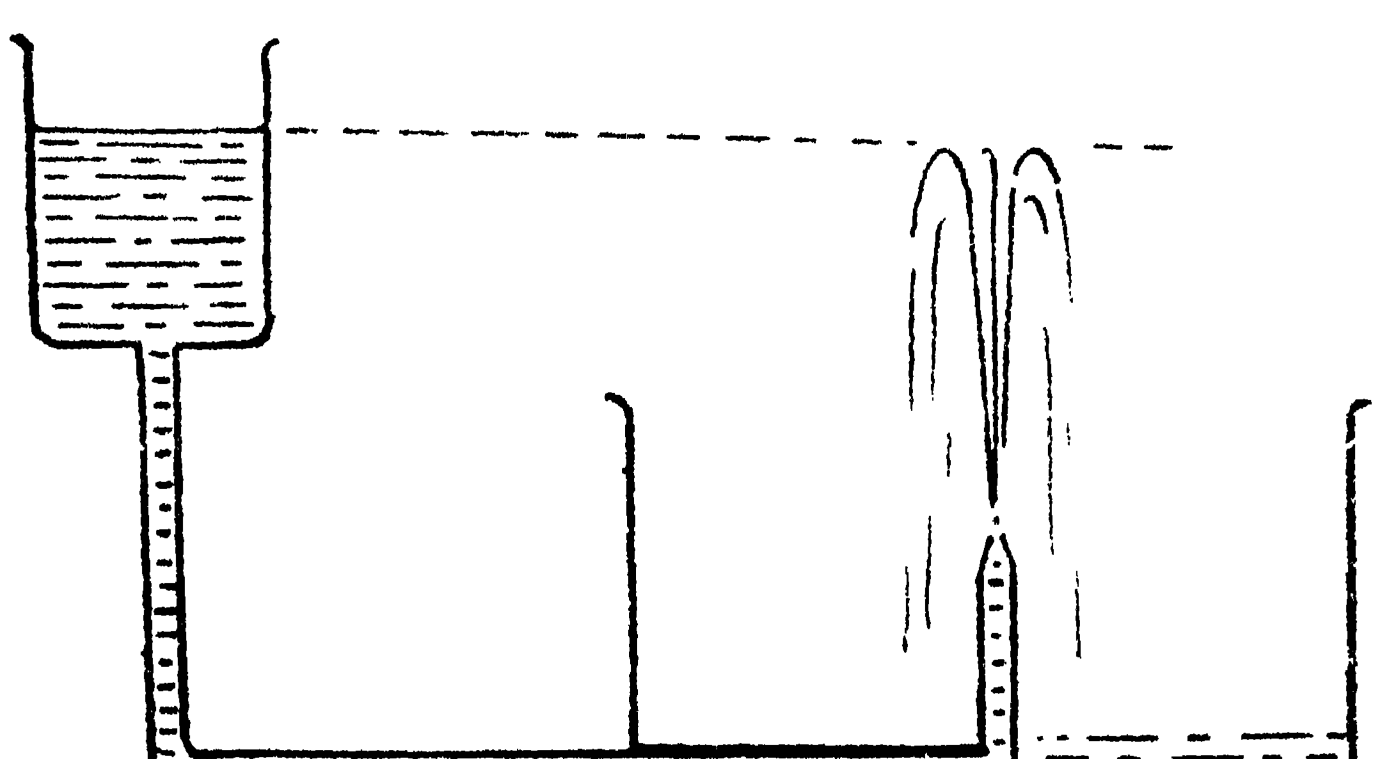
इ ઉપરનું દબાણ = ઘનતા × શિરોલંબ ઊંચાઈ (वइ)
એજ પ્રમાણે ह અને फ

ઉપરનું દબાણ = ઘનતા × ઊંચાઈ

દરેક બિંદુ ઉપર દબાણ સરખું હોવાથી ઇ અને ફ ઉપરના પ્રવાહીની ઊંચાઇ પણ વઇ જેટલીજ લેવી પડશે અને નહિ કે આખી નળીની લંબાઇ. આખી નળીની લંબાઇ લઇએ તો ઇ આગળનું દબાણ જુદું થાય છે. એટલે દરેક ઠેકાણે વઇ જેટલીજ શિરોલંબ ઊંચાઇ લઇ દબાણ કાઢવું પડે છે. આ ઉપરથી આપણને ખાત્રી થાય છે કે કોઇપણ ઠેકાણેનું દબાણ પ્રવાહીની શિરોલંબ (vertical) ઊંચાઇ અને ઘનતા સાથે ગુણવાથી મળી આવે છે. આજ નિયમને લીધે એકરૂપ (homogeneous) પ્રવાહીની સપાટી હંમેશાં એક સરખી ઊંચાઇએ રહે છે. જો આકૃતિ (૨૬) માં એકાદ નળી ટૂંકી હોય તો વધારાનું પાણી નીકળી જઇ દરેક નળીમાં પાણી એટલીજ ઊંચાઇએ આવી રહેશે.

૧૫. ફુવારો ઘણા ખરા બાગમાં જોવામાં આવતા ફુવારા પણ આજ નિયમથી ચાલે છે. બાગની બાજુમાં મકાનની અગાશી ઊપર ઊંચે એકાદ ટાંકી રાખવામાં

આકૃતિ ૨૭.



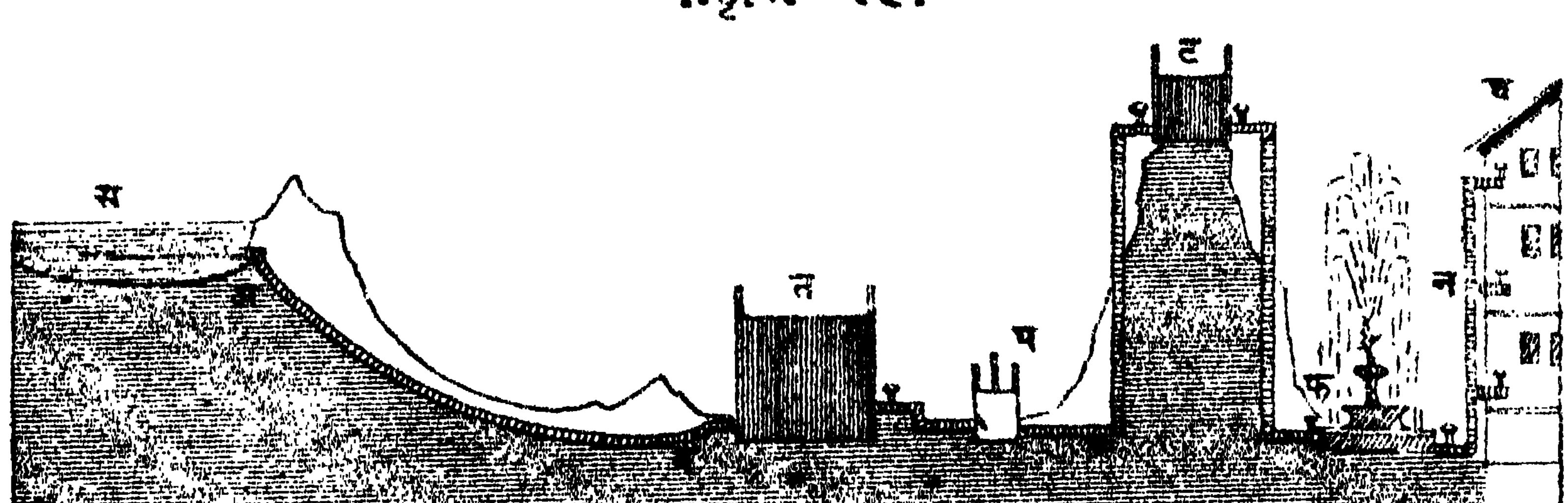
સાદો ફુવારો.

આવી હોય અને તેમાંથી એક નળદ્વારા પાણી બાગના ફુવારામાં લઈ જવામાં આવે તો એ પાણી જેટલી ટાંકી ઊંચી હોય તેટલી ઊંચાઇ સુધી જઈ શકશે. ટાંકી સુધીની નળી ન રાખતાં ફુવારામાં થઇને થોડી ઊંચાઇની નળી રાખવામાં આવે છે. નળીનું મોં સાંકડું રાખવામાં આવે છે એટલે પાણી જોરથી બહાર નીકળે છે. એ પાણી લગભગ ટાંકી જેટલી ઊંચાઇએ જઇ શકે છે, પરંતુ હવાના અણુઓના (molecules) અવરોધને (resistance) લીધે ફુવારાનું પાણી ટાંકી જેટલી ઊંચાઇએ પહોંચી શકતું નથી

૧૬. શહેરમાં પાણીની વહેંચણી

ઘણું ખરૂં આકૃત (૨૯) માં બતાવ્યા પ્રમાણે શહેરમાં પાણી વહેંચાય છે. ઘણી ઊંચી સપાટીએ આવેલા स સરોવરમાંથી अब નળદ્વારા પાણી त આગળ બાંધેલા તળાવમાં લાવી એને રસાયણ વડે સાફ કરવામાં આવે છે. ત્યાંથી એ પાણીને પંપ प વડે ट ટાંકીમાં રાખવામાં આવે છે અને ત્યાંથી શહેરના વિસ્તારમાં વહેંચવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૨૮.



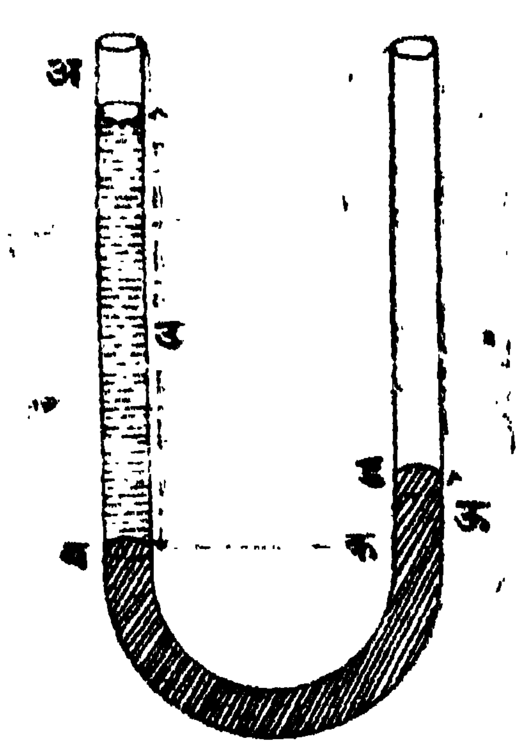
શહેરમાં પાણીની વહેંચણી.

જો સરોવર ટાંકીથી ઘણી ઊંચી સપાટીએ આવેલું હોય તો પંપ અને ટાંકીની કંઇ પણ જરૂરિયાત રહેતી નથી. પરંતુ ઘણી

વાર શહેરની સપાટી પણ સાધારણ રીતે ઊંચી હેાય છે અને શહેરના માળા પણ ઊંચા હેાવાથી પંપ વડે પાણીને વધુ ઊંચી જગ્યાએ ચઢાવવું પડે છે. એ રીતે વહેંચવામાં આવતું પાણી લગભગ ट ની સપાટી જેટલેજ ઊંચે ચઢી શકે છે. ઘણે ભાગે એક ઘરમાં દરેક માળે ન જેવા નળ વાટે પાણી આપવામાં આવે છે. ઘરની અંદર જો પહેલે માળનેા નળ ખેાલવામાં આવે તેા ઉપરના નળમાં પાણી જશે નહિ, એટલે એ મુશીબત ટાળવી હેાય તેા જુદોજ નળ સીધેા જમીનના મુખ્ય નળ સાથે જોડવામાં આવે છે.

૧૭. U-નળી (U-tube) અને હેરનું ઉપકરણ (Hare's apparatus).

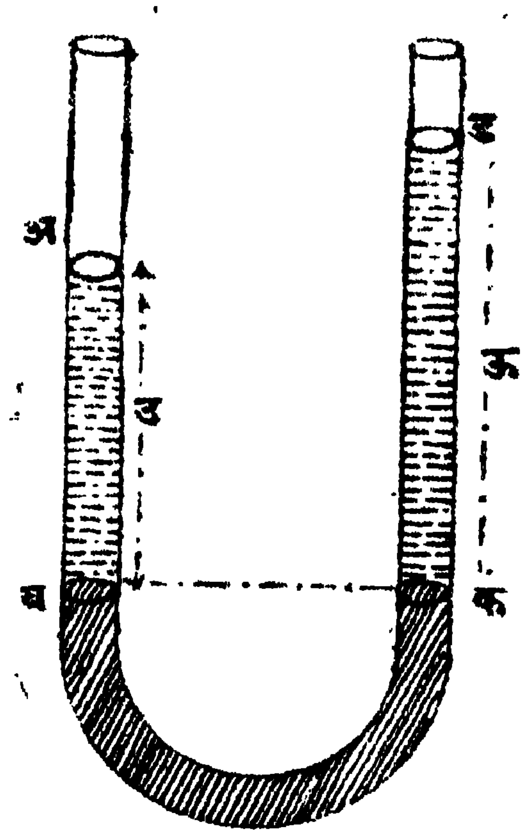
આકૃતિ ૨૯.



પ્રયેાગ (૧) : આકૃતિ (૩૦) માં બતાવેલી નળી લઇ તેમાં થેાડેા પારેા નાંખી નળીની એક બાજુએ પ્રવાહી રેડેા. જ્યાં આગળ પારેા અને પ્રવાહી મળે તે બિંદુ ब ની નેાંધ કરેા. સામેની બાજુમાં ब ની સપાટીમાં આવેલા क બિંદુની નેાંધ કરેા. बक સપાટીથી ઊંચે રહેલાં બન્ને બાજુના પ્રવાહીની ઊંચાઇ નેાંધેા. ધારેા કે अब પ્રવાહીની ઊંચાઇ उ અને બીજી બાજુએ कड પારાની ઊંચાઇ ऊ છે. પારાની ઊંચાઇને પ્રવાહીની ઊંચાઇથી ભાગી જે ગુણેાત્તર આવે તેને પારાની ઘનતા ($घ_2$) થી ગુણતાં પ્રવાહીની ઘનતા ($घ_1$) મળશે.

પ્રવાહી	પ્રવાહીની ઊંચાઇ उ	પારાની ઊંચાઇ ऊ	પ્રવાહીના ઘનતા $घ_1 = \frac{ऊ}{उ} \times घ_2$

આકૃતિ ૩૦.



(૨) ; બે પ્રવાહી એકમેક સાથે ભળી જતાં હોય તો બંન્નેમાં ન ભળે એવું અને બન્ને પ્રવાહીના કરતાં વધુ ઘનતાવાળું પ્રવાહી લેવું પડશે. દાખલા તરીકે કેરોસિન અને પાણી ઘનતા સરખાવવા માટે નીચેનો પ્રયોગ કરો (આકૃતિ૩૧).

U-નળીમાં પ્રથમ પારો નાંખી એક બાજુએ થોડું પાણી રેડો. બીજી બાજુએ એટલું કેરોસિન ઉમેરો કે જેથી પારાની સપાટી बक સરખી થઇ જાય. ત્યાર બાદ કેરોસિનની અને પાણીની ઊંચાઇ માપો. પાણીની ઊંચાઇ उ ને કેરોસિનની ઉંચાઇ ऊ વડે ભાગવાથી કેરોસિનની વિશિષ્ટ ઘનતા મળશે.

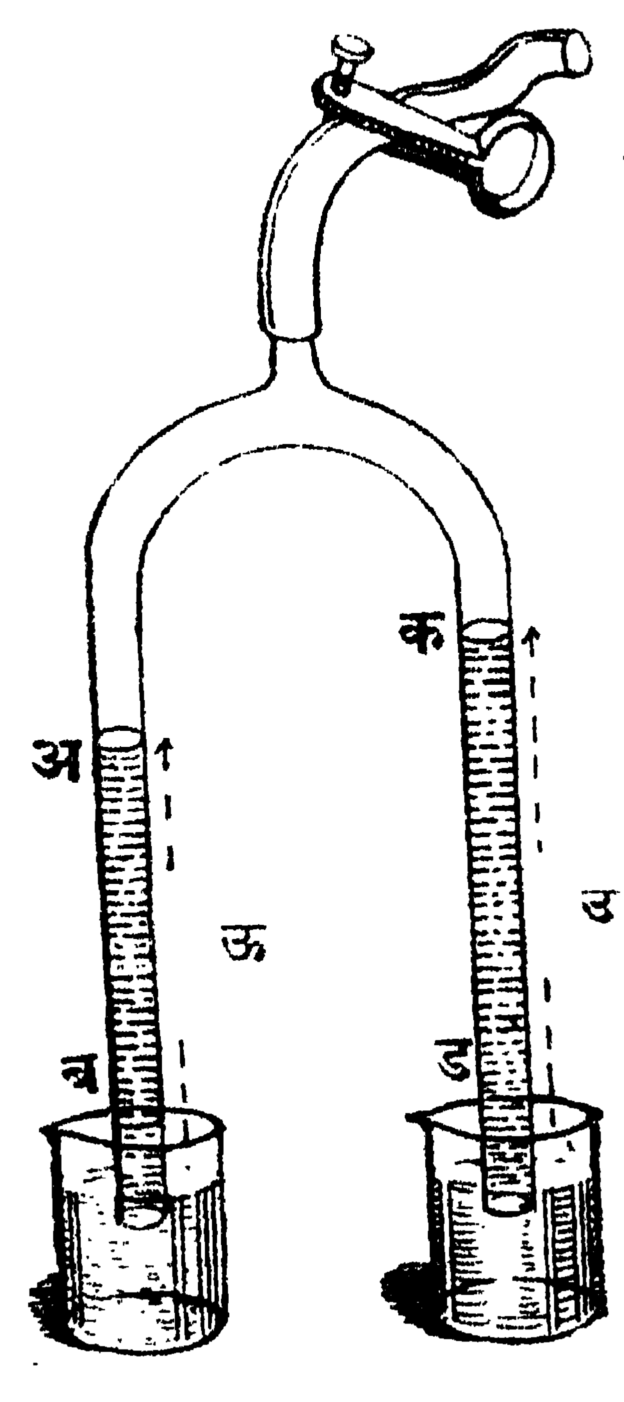
આકૃતિ ૩૧.

(૩): સલ્ફ્યુરિક ઍસિડની (ગંધકનો તેજાબની) અથવા જે પ્રવાહી પાણી સાથે રસાયણિક ક્રિયા કરતું હોય તેની ઘનતા શોધવી હોય તો આકૃતિ (૩૨) માં બતાવ્યા મુજબનું હેરનું ઉપકરણ લો. તેનો એક છેડો પાણીના પ્યાલામાં રાખો અને બીજો સલ્ફ્યુરિક ઍસિડમાં રાખો. હવે ઉપરની નળીને લગાડેલી ચાંપ ખૂલ્લી કરી અંદરથી થોડી હવા ખેંચી લો અને ચાંપ બંધ કરો. બન્ને નળીમાં પ્રવાહી अ અને क જેટલી ઊંચાઇએ રહેશે ધારો કે

ऊ=સેલ્ફ્યુરિક ઍસિડની अब નળીમાં ઊંચાઇ

उ=પાણીની कड નળીમાં ઉંચાઇ

$$\frac{घ_2}{ઘ_1} = \frac{\text{સલ્ફ્યુરિક ઍસિડની ઘનતા}}{\text{પાણીની ઘનતા}} = \frac{उ}{ऊ}$$



હેરનું ઉપકરણ.

આગળ બતાવેલા પાણીના દબાણના નિયમનો ઉપયોગ U–નળી અને હેરનું ઉપકરણ નામના સાધનોમાં કરવામાં આવ્યો છે અને દ્રવતુલાની પેઠે એ સાધનો પ્રવાહીની ઘનતા માપવાના કામમાં આવે છે એ સાધનને વાપરવામાં ત્રણ જાતના વિભાગ પાડવા જરૂરી છે.

ધારો કે પારા (mercury) અને કેરોસિન ઘનતાની સરખામણી કરવી છે. આ પ્રયોગ ગમે તે બે પ્રવાહી એવાં હોય કે જે મિશ્ર ન થાય અને જેનો રસાયણિક સંયોગ ન થાય તેવાંને લાગુ પડશે.

આકૃતિ (૩૦) માં બતાવ્યા મુજબ (૧) પ્રયોગ કરો. ડાબી નળીમાં अच જેટલું પ્રવાહી છે અને પારો ब થી ड સુધી છે. હવે જો च અને क બિંદુ એકજ સપાટીએ હોય તો બન્ને એકરૂપ પ્રવાહીની સમતળ સપાટીઓ હોવાથી બન્ને બિંદુ ઉપરનું દબાણ સરખું હોવું જોઇએ.

अ થી ब સુધીનું પ્રવાહીનું દબાણ = ड થી क સુધીનું પારાનું દબાણ

પ્રવાહીની ઘનતા × (बअ) = પારાની ઘનતા × (कड)

$$\text{ઘ}_{1} \times \text{उ} = \text{ઘ}_{2} \times \text{ऊ}$$

આ ઉપરથી

$$\frac{\text{ઘ}_{1}}{\text{ઘ}_{2}} = \frac{\text{ऊ}}{\text{उ}}, \text{ એટલે } \text{ઘ}_{1} = \frac{\text{ऊ}}{\text{उ}} \times \text{ઘ}_{2}$$

હવે પ્રવાહીને બદલે પાણી વાપર્યું હોય તો આપણને પારાની ઘનતા મળી આવશે. ઘ_{1} ની જગાએ ઘનતા ૧ ગ્રા./ઘ. સેમિ. મૂકીએ તો

$$\frac{\text{ઘ}_{2}}{1} = \frac{\text{उ}}{\text{ऊ}} \text{ એટલે } \text{ઘ}_{2} = \frac{\text{उ}}{\text{ऊ}} = \frac{\text{પાણીની ઊંચાઇ}}{\text{પારાની ઊંચાઇ}}$$

(૨) જો બે પ્રવાહી અરસપરસ મિશ્ર થઈ જતાં હોય તો એક માધ્યમ તરીકે ત્રીજું પ્રવાહી વાપરવું પડે છે.

પ્રયોગ (૨) માં (આકૃતિ ૩૧) अब પાણીની ઊંચાઇ અને कड કેરોસિનની ઊંચાઈ છે. बक પારાની સપાટી છે. એટલે પારાની સરખી સપાટી ઉપર બન્ને નળીમાંથી એક સરખું દબાણ થાય છે માટે

$$\text{પાણીનું દબાણ} = \text{કેરોસિનનું દબાણ.}$$

$$\text{પાણીની ઘનતા} \times \text{उ} = \text{કેરોસિનની ઘનતા} \times \text{ऊ}$$

$$૧ \times \text{उ} = \text{ઘ}_{૧} \times \text{ऊ}$$

$$\text{એટલે} \quad \text{ઘ}_{૧} = \frac{\text{उ}}{\text{ऊ}} = \frac{\text{પાણીની ઊંચાઇ}}{\text{પ્રવાહીની ઊંચાઇ}}$$

(૩) જે પ્રવાહી પાણી સાથે રસાયણીક ક્રિયા (reaction) કરતું હોય તો તેને માટે બતાવેલી રીત ઉપયોગી નથી થતી, એટલે હેરનું ઉપકરણ (Hare's apparatus) વાપરવું પડે છે. પ્રયોગ (૩) માં (આકૃતિ ૩૧)માં બતાવ્યા પ્રમાણે જ્યારે પ્રવાહીની ઘનતા માપવી હોય, ત્યારે ચાંપ ખોલી અંદરની થોડી હવા શોષી લેવામાં આવે છે. એટલે બન્ને નળીમાં પ્રવાહી વત્તીઓછી ઊંચાઇએ ચઢશે. નળીની અંદર હવાનું દબાણ ઓછું હોવાથી બહારની હવાના દબાણને સમતોલ કરે તેટલું પ્રવાહી નળીમાં ઊંચું ચઢે છે.

બહારની હવાનું દબાણ = અંદરની હવાનું દબાણ + પ્રવાહીનું દબાણ એટલે

अब નળીની અંદરની હવાનું દબાણ	+	अबમાંના પ્રવાહીનું દબાણ	=	क ड નળીની અંદરની હવાનું દબાણ	+	कडમાંના પ્રવાહીનું દબાણ

પરંતુ અંદરની હવાનું દબાણ બન્ને તરફ સરખું છે.

એટલે

अ ब માંના પ્રવાહીનું દબાણ = क ड માંના પ્રવાહીનું દબાણ અને આગળની સંજ્ઞામાં $उ \times घ = ऊ \times घ_1$

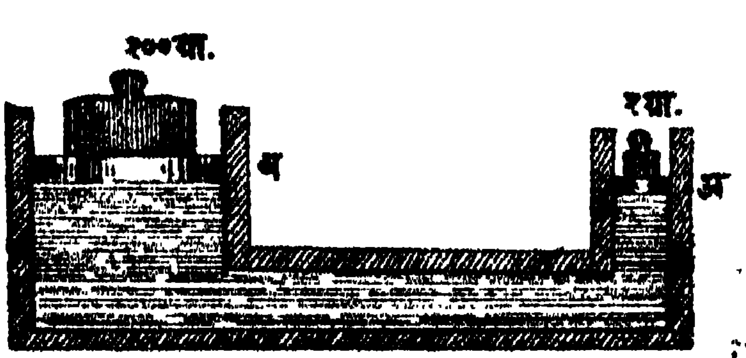
એક બાજુએ પાણી લઇએ તો $घ = १$ ગ્રા./ઘ. સેમિ. મૂકતાં

$$घ_1 = \frac{उ}{ऊ} = \frac{\text{પાણીની ઊંચાઇ}}{\text{પ્રવાહીની ઊંચાઇ}}$$

૧૯. પાસ્કલ અને પાસ્કલનો નિયમ

પાણી અને તેના દબાણના નિયમોની શોધ કરવામાં ફ્રેન્ચ વૈજ્ઞાનિક પાસ્કલ સૌથી મોખરે આવે છે. પાણીના દબાણ વડે ગાંસડી બાંધવાના પ્રેસ, પાણીના દબાણથી ચાલતા ઊંટડા (cranes) અને લિફ્ટ (lift) વગેરે યંત્રો એણે શોધેલા નિયમને આધારે ચાલે છે. એ સિવાય ઊંચે જતાં હવાના દબાણમાં ઘટાડો થાય છે એમ બતાવી ટૉરિસિલિ નામના વૈજ્ઞાનિકને તેણે પૂર્તિ (support) આપી હતી.

આકૃતિ ૩૨.



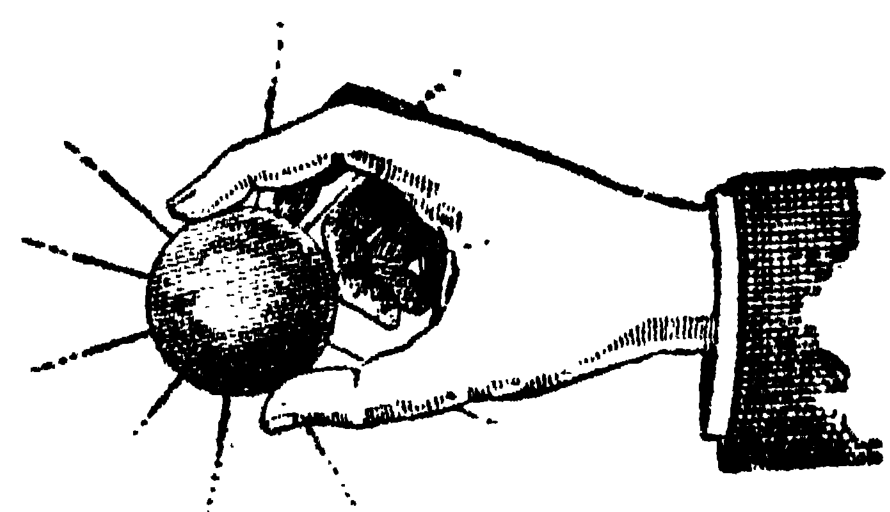
પ્રયોગ (૧): આકૃતિ (૩૨) માં પાણીથી ભરેલું એક વાસણ છે. તેની એક બાજુ ૧ ચો. સેમિ. અને બીજી બાજુ ૧૦૦ ચો. સેમિ. ક્ષેત્રફળના આડછેદવાળી (cross-section) બે નળીઓ છે.

હવે બંને બાજુની નળીમાં બરાબર બંધબેસતા અને સહેલાઇથી સરતા अ અને ब પિસ્ટન (piston) રાખો. પછી अ ઉપર ૧ ગ્રામ મૂકી ब ઉપર ધીમે ધીમે વજન વધારતા જઇ अ અને ब ને સમતોલ કરો તો માલૂમ પડશે કે ब ઉપર ૧૦૦ ગ્રામની જરૂર પડશે.

એજ પ્રમાણે અ ઉપર ૨૦, ૫૦, ૧૦૦ ગ્રામનું વજન રાખી ફરીથી બ ઉપર વજન મૂકી બન્ને પિસ્ટનને સમતોલો.

(૨) :–ટેનીસ રમવાનો એક દડો લો. તેમાં એકસરખાં કાણાં પાડો. હવે એ દડાને પાણીમાં ડુબાવી અંદરની હવા દબાવી કાઢો. બે ચાર વાર એમ કરવાથી દડો પાણીથી ભરાઇ જશે. હવે એને પાણીની બહાર કાઢી આકૃતિ (૩૪) માં બતાવ્યા મુજબ જોરથી દબાવો. પાણીની ધાર બધી બાજુ સરખી નીકળે છે એની નોંધ કરો.

આકૃતિ ૩૩.



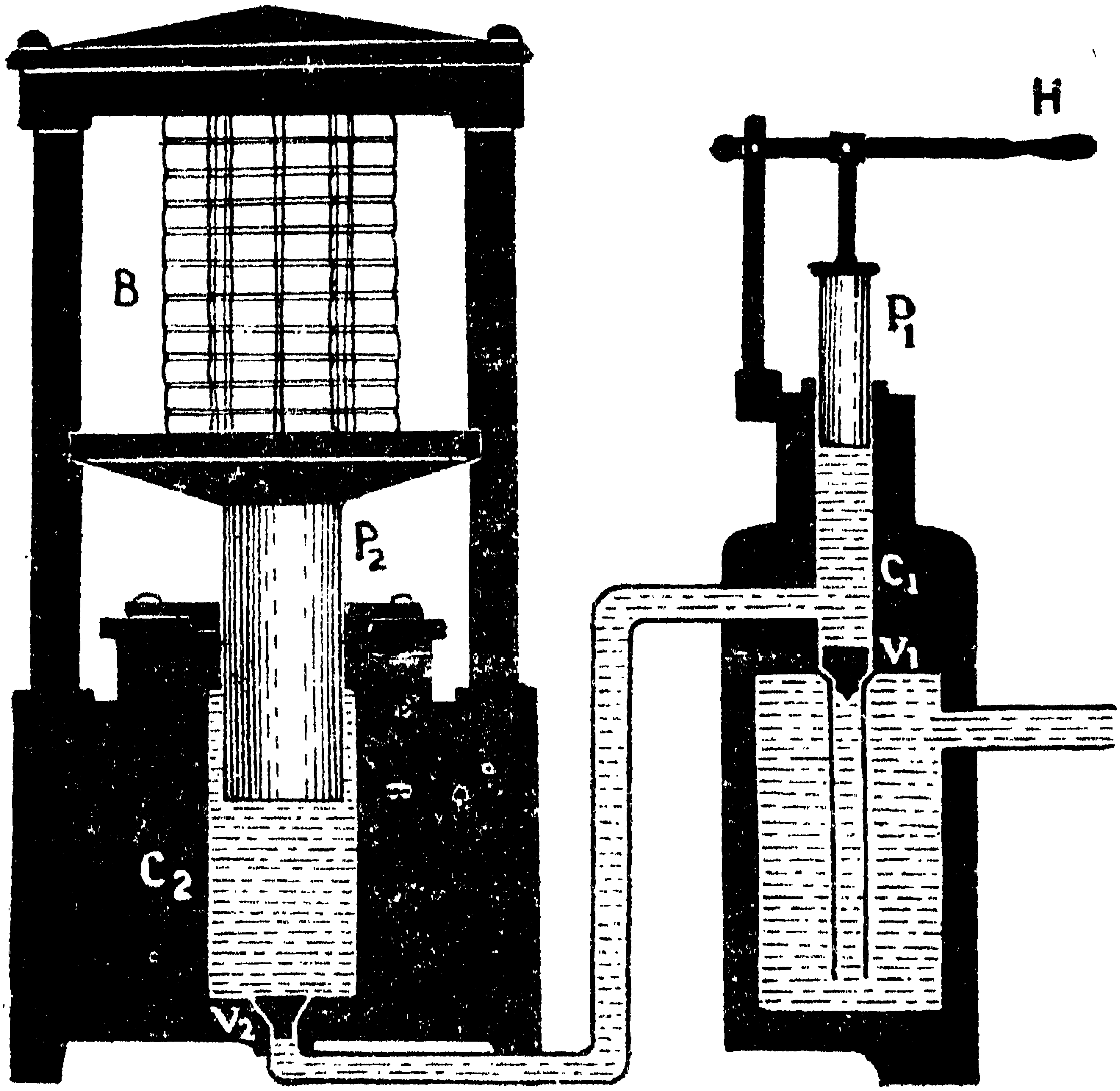
પ્રયોગ (૧) ઉપરથી સમજાય છે કે અ ઉપર ૧ ગ્રામ જેટલું બળ લગાડીએ તો આગળ ૧૦૦ ગ્રામ વજન ઊંચકી શકાય છે. આનું કારણ એ છે કે અ ઉપરનું ૧ ગ્રામનું દબાણ આખા પ્રવાહીમાં પ્રસરે છે અને દરેક ઠેકાણે ૧ ચો. સેમિ. સપાટી ઉપર એટલું દબાણ લાગે છે. પરંતુ બ ની સપાટી ૧૦૦ ચો. સેમિ. હોવાથી ત્યાંનું કુલ જોર ૧૦૦ ગ્રામ વજન જેટલું થાય છે. આ નિયમની પ્રથમ શોધ પાસ્કલે કરી હોવાથી એને પાસ્કલનો નિયમ કહેવાય છે અને એની વ્યાખ્યા નીચે પ્રમાણે છે.

"એક બંધ કરેલા પ્રવાહીના જથ્થામાં એક બાજુ જેટલું દબાણ કરવામાં આવે તેટલું દબાણ દરેક દિશામાં એક સરખું પ્રસરી જાય છે અને દરેક સપાટી ઉપર લંબ દિશામાં લાગે છે."

૨૦. જળદાબ યંત્ર Hydraulic Press

પાસ્કલે ઉપરના નિયમને વ્યવહારીક ઉપયોગ કરવામાં વાપર્યો અને ચોપડીઓ દબાવવાનું અને ગાંસડીઓ બાંધવાનું જળદાબ યંત્ર (hydraulic press) શોધી કાઢયું. તેની રચના

આકૃતિ ૩૪.



જળદાબ યંત્ર.

આકૃતિ (૩૪)માં બતાવી છે. પિસ્ટન P_1 ને હાથા વડે દબાવીએ તો નીચેના પાણીમાં દબાણ થાય છે. એ દબાણને લીધે વાલ્વ (valve) V_1 બંધ થઇ જાય છે અને P_1 વડે થએલું દબાણ પાણીદ્વારા વાલ્વ V_2 ને ઉઘાડી બાજુના મોટા વાસણમાં પ્રસરે છે અને અંતે મોટા પિસ્ટન P_2 ની સપાટી ઉપર લાગે છે. P_2 પિસ્ટનની સપાટી ઘણી મોટી હોવાથી એના ઉપરનાં ચોકઠામાં રાખેલાં ચોપડાં B દબાય છે.

ધારો કે, F_1 = બ$_1$ = પિસ્ટન P_1 ઉપર લગાડેલું જોર.
F_2 = બ$_2$ = પિસ્ટન P_2 ઉપર લાગતું જોર
A_1 = અ$_1$ = પિસ્ટન P_1 ની સપાટીનું ક્ષેત્રફળ.
A_2 = અ$_2$ = પિસ્ટન P_2 ની ,, ,,

એટલે $\frac{F_1}{A_1}$ = $\frac{બ_1}{અ_1}$ = પિસ્ટન P_1 આગળ થતું દબાણ.

અને $\frac{F_2}{A_2}$ = $\frac{બ_2}{અ_2}$ = પિસ્ટન P_2 ,, ,, ,,

(કારણ કે દબાણ = $\frac{જોર}{ક્ષેત્રફળ}$)

પારકલના નિયમો પ્રમાણે P_1 અને P_2 આગળના દબાણ સરખાં

હોવાથી, $\frac{F_1}{A_1} = \frac{F_2}{A_2}$, $\frac{બ_1}{અ_1} = \frac{બ_2}{અ_2}$

એટલે $F_2 = \frac{A_2}{A_1} \times F_1$, $બ_2 = \frac{અ_2}{અ_1} \times બ_1$

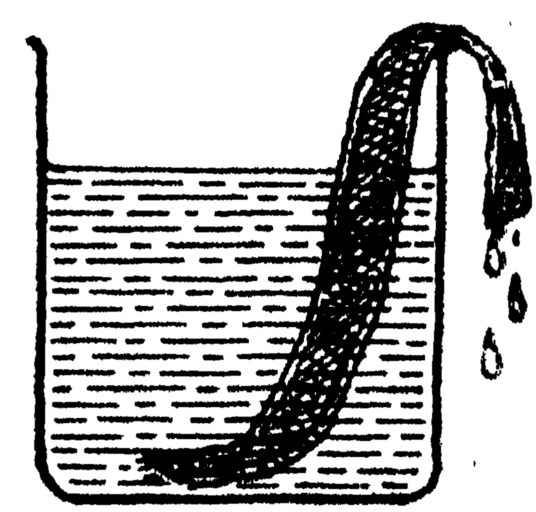
F_2 = બ$_2$ = $\frac{\text{બે પિસ્ટનની સપાટીનો}}{\text{ગુણોત્તર (ratio)}}$ × લગાડેલું બળ

હવે જો A_2 ક્ષેત્રફળ ઘણુંજ મોટું હોય અને A_1 ક્ષેત્રફળ નાનું હોય તો ($\frac{A_2}{A_1}$) નો ગુણોત્તર (ratio) ઘણો મોટો થશે અને F_2 જોર ઘણું જ વધી જશે. આમ ઓછાં જોરથી વધુ બળ મેળવી શકાય છે અને ઉપરનાં ચોકઠાંમાં રાખેલાં કાગળ કે ઘાસ વગેરે ઘણા મોટાં બળથી દબાઇ શકે છે. આ યંત્રને બ્રેહામનું પ્રેસ પણ કહેવામાં આવે છે.

૨૧. કેષાકર્ષણ અને પૃષ્ઠબળ (Capillarity and surface tension)

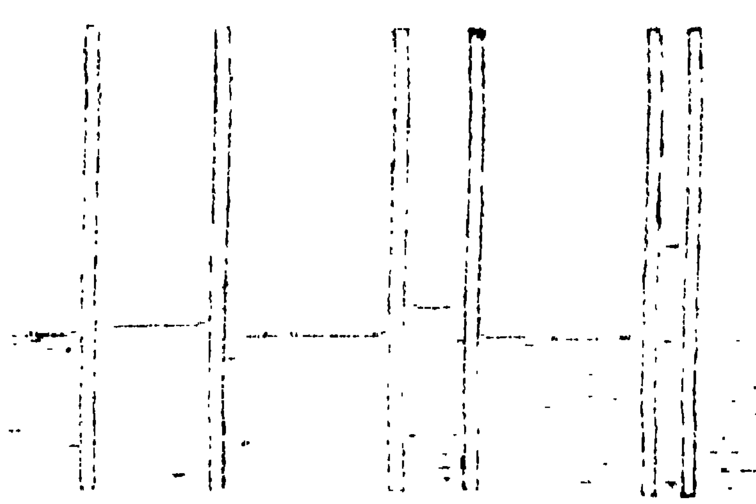
પ્રયોગ:–**(અ)** એક સાહિચૂસ (blotting paper) કાગળની અણી પાણીમાં બોળી થોડો વખત રહેવા દો. થોડીવાર પછી કાગળનું અવલોકન કરો. કાગળ ભીંજાઇ ગયો છે. કારણ શું?

આકૃતિ ૩૫.



(ख) એક કોરી દિવેટના એક છેડાને પાણીમાં રાખી મૂકો. થોડીવાર પછી પાણી ઊંચે ચઢવાથી આખી દિવેટ ભીંજાઇ ગયેલી જણાય છે. પાણી ઊંચે ચઢવાનું કારણ શું ?

આકૃતિ ૩૬



(क) બે જુદાં જુદાં બારીક કાણાંવાળી કાચની નળી લો અને તેના એક છેડાને પાણીમાં ડુબાવો. નળીમાંના પાણીની સપાટી બહારની સપાટી કરતાં ઊંચે રહે છે. તદ્દન બારીક નાકાંવાળી નળીમાં પાણીમાં સૌથી વધુ ઊંચે ચઢે છે. નળીના અંદરના વ્યાસના માપની ખબર હોય તો તમારા અવલોકન નીચે ખાનાવાર નોંધો. નળીમાં પાણીથી સપાટીના આકારની નોંધ કરો.

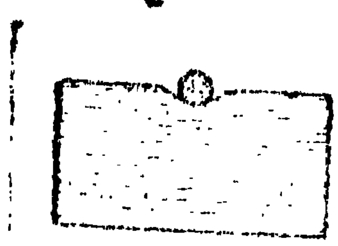
નળીનો અંદરનો વ્યાસ व	નળીમાં પાણીની ઉંચાઇ उ	$\frac{व}{उ}$

આકૃતિ ૩૭



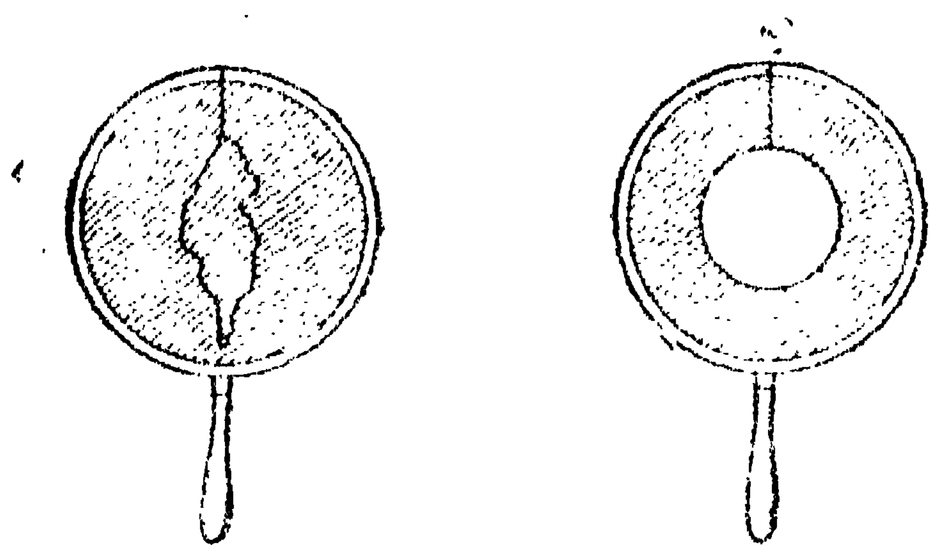
(ङ) ત્રણ નળી પારામાં ડુબાવો. જુવો કે નળીમાંના પારાની સપાટી બહારના પારાની સપાટી કરતાં નીચે રહે છે. જેમ નાકું બારીક હોય તેમ અંદરની સપાટી નીચી હોય છે.

આકૃતિ ૩૮



(ઇ) બહુ સંભાળથી એક નાની ટાંકણીને પાણીની સપાટી ઉપર મૂકો (આકૃતિ ૩૮). જ્યાં સુધી પાણીને હલાવશો નહિ ત્યાં સુધી ટાંકણી પાણી ઉપર તરતી રહેશે. (પ્રથમ ટાંકણીને બ્લોટીંગ પેપર ઉપર મૂકી, તે કાગળને પાણીની સપાટી ઉપર મૂકવાથી ટાંકણી આપ મેળે તરતી રહેશે અને બ્લોટીંગ પેપર ડબી જશે.)

આકૃતિ ૩૯.



(૧) (૨)

(ફ) સાબુને પાણીમાં ઓગાળી ખૂબ ઘાડું દ્રાવણ (solution) બનાવો. હવે એક ગોળ તારનું વર્તુલ લઇ તેની અંદર ડુબાવી બહાર કાઢો. વર્તુલ ઉપર સાબુની પૃષ્ઠ (film) બાઝશે. હવે એ સપાટી ઉપર બે છેડાને ગાંઠીને એક દોરીને ગમે તેમ નાંખો (આકૃતિ ૩૯, ૧). હવે એ દોરીના વચ્ચેના ભાગની કપોટીને ટાંકણી ભોંકી તોડી નાંખો તો (આકૃતિ ૩૯,૨) માં બતાવ્યા મુજબ દોરી વર્તુલાકાર બની જશે.

(ગ) પારાની ઝીણી ધાર કાગળ ઉપર અથવા કાચની ઉપર પાડો. પારાના નાના મોટાં બિંદુના આકાર તપાસો (આકૃતિ ૪૦).

આકૃતિ ૪૦.



આમ બિંદુ બંધાઇ જવાનું કારણ પૃષ્ઠબળ છે. પારાનો જથ્થો વધે તેમ બિંદુ સપાટ અને પહોળું થતું જાય છે. બારી નાકાંવાળી આંખમાં દવા નાંખવાની નળી (eye dropper)માંથી પણ પ્રવાહીને ધીમે ધીમે બહાર કાઢો તો એક પછી એક બિંદુ છૂટાં પડે છે. આનું કારણ પણ પૃષ્ઠબળ છે. . . .

ઉપરના પ્રયોગો (अ,ब,क,ड,क અને) પ્રવાહીના કેશાકર્ષણના (capillarity) ગુણની ખાતરી કરી આપે છે. સાહીચૂસ કાગળમાં અને દિવેટમાં પ્રવાહી ઊંચે ચઢે છે એનું કારણ પ્રયોગ (क) વડે સ્પષ્ટ સમજાય છે. બારીક નાકાંવાળી નળીમાં પ્રવાહી ઊંચે ચઢે છે. સાહીચૂસ કાગળ અને દિવેટમાં પણ એ જ ગુણથી પ્રવાહી ઊંચે છે. દીવાની દિવેટમાં કેરોસિન તેલ ઊંચે ચઢે છે તેનું કારણ પણ આજ છે. ફાઉન્ટન પેનની જીબીમાં સાહી કેશાકર્ષણના ગુણને લીધેજ જોઇતા પ્રમાણમાં બહાર આવે છે. વનસ્પતિની બારીક શિરામાં પણ એજ ગુણને લીધે પ્રવાહી ઊંચે ચઢે છે. કેશાકર્ષણનો ગુણ પ્રવાહીના પૃષ્ઠબળ (surface tension) ને લીધે આવે છે. પ્રવાહીની સપાટી પૃષ્ઠ (film, કચોટો) ની પેઠે વર્તે છે અને તે જ કારણથી પ્રયોગ (इ) માં ટાંકણી ડૂબતી નથી. ટાંકણી ઉપર પ્રવાહીની સપાટી ઊંચે દબાણ કરે છે અને તેથી ટાંકણીના વજનને સમતોલ કરે છે. આ દબાણને પ્રવાહીનું પૃષ્ઠબળ (surface tension) કહેવામાં આવે છે. આ પૃષ્ઠબળને લીધે જ પ્રયોગ (क) માં સાબુનું પૃષ્ઠ જાતે તૂટી જતું નથી. વળી દોરીની વચ્ચેનું પૃષ્ઠ તોડીએ છીએ ત્યારે દોરી વર્તુલરૂપ ધારણ કરે છે; એટલે ખાતરી થાય છે કે દોરી ઉપર પૃષ્ઠબળ (surface tension) દરેક દિશામાં એક સરખું લાગે છે.

પ્રયોગ (क) અને (ड) માં નળીમાંની પ્રવાહીની સપાટીના આકાર ઉપરથી સિદ્ધ થાય છે કે પાણીની સપાટી અંતર્ગોળ (concave) રહે છે અને પારાની સપાટી બહિર્ગોળ (convex) રહે છે. એ ઉપરથી આપણે કલ્પી શકીએ કે નળીની બાજુ સાથે પાણીનું પૃષ્ઠ વળગીને ઊંચે વળેલું છે અને તેથી જ

નળીમાં પાણી ઊંચે રહે છે. એથી ઊલટું પારાનું પૃષ્ઠ નળીની સપાટીને વળગીને નીચે વળેલું હોય છે અને તેથી બારીક નળીમાં પારાની સપાટી નીચે ઊતરે છે અને બહિર્ગોળ બને છે.

નળીનું કાણું જેમ વધુ બારીક તેમ બહારની અને અંદરના પ્રવાહીની સપાટીની વચ્ચેની ઉંચાઇનો તફાવત પણ વધુને વધુ હોય છે. પાણીની સપાટી સૌથી બારીકમાં બારીક નાકાંની નળીમાં વધુ ઊંચી હોય છે. એ જ પ્રમાણે પારાની સપાટી સૌથી વધુ બારીક નળીમાં વધુ નીચી હોય છે.

આપણા સુકા વાળને કાંસકી વડે હોળીએ તો વાળ પાછા ટા પડી જાય છે, પરંતુ વાળમાં તેલ અથવા પાણી નાંખી હોળીએ તો તે વળગેલા રહે છે. આનું કારણ પણ તેલ અથવા પાણીનું પૃષ્ઠબળ જ છે. એ વાળની વચ્ચે તેલ અથવા પાણીની ફીલ્મ બાઝી જાય છે અને તે બન્ને વાળને આકર્ષી રાખે છે. પાણી અથવા તેલ સુકાઇ જાય એટલે વાળ પાછા છૂટા પડી જાય છે. ચોપડીના પાના ફેરવતી વખતે ઘણા આંગળી ઉપર પાણી લગાડે છે. પાણી લગાડીએ એટલે પાણીના પૃષ્ઠબળથી કાગળ આંગળી સાથે વળગી જાય છે. નાની વસ્તુ અગર કાગળનો ટુકડો ઊંચકી શકાતો ન હોય તો આંગળી ઉપર પાણી લગાડી તેના ઉપર દબાવી દેવાથી વસ્તુ આંગળીએ વળગી આવશે. બારીક નળીમાંથી થોડાં દબાણથી નીકળતું પ્રવાહી બિંદુરૂપે બહાર પડે છે તેનું કારણ પણ પૃષ્ઠબળ છે. ઘણીવાર પાણી ઉપર તેલના બિંદુ તરતાં રહે છે અને પ્રસરી જતાં નથી. એનું કારણ પણ પૃષ્ઠબળ છે. એ જ પ્રમાણે પૃષ્ઠબળને લીધે પાણીના બારીક બિંદુ પાણીની સપાટી ઉપર અથવા બીજી સપાટી ઉપર પણ સ્વતંત્ર રીતે ગબડે છે.

સાર.

૧. આર્કિમિડિસે એક નિયમ શોધ્યો હતો અને તે વડે પ્રવાહીમાં ડૂબેલી વસ્તુના ભારમાં શાથી અને કેટલો ઘટાડો થાય છે તે માલૂમ પડે છે.

પ્રવાહીમાં ડૂબેલી દરેક વસ્તુના વજનમાં ઘટાડો થાય છે. ડૂબેલી વસ્તુની ઉપર પ્રવાહી ઊંચે દબાણ કરે છે. એ દબાણને શિરદાબ (upthrust) અથવા ઊંચી દિશામાં લાગતું દબાણ કહેવામાં આવે છે.

૨. કોઇ પણ પ્રવાહીમાં ડૂબેલી વસ્તુના વજનમાં થયલો ઘટાડો તે વસ્તુના કદના જેટલાં પ્રવાહીના વજનના જેટલોજ થાય છે.

વસ્તુના વજનનો ઘટાડો = વસ્તુના જેટલાં કદના પ્રવાહીનું વજન.
= વસ્તુ ઉપર લાગતું શિરદાબ.

૩. આર્કિમિડિસના નિયમના ઉપયોગથી ઘન તેમજ પ્રવાહી વસ્તુની વિશિષ્ટ ઘનતા શોધી કઢાય છે. (જુઓ પ્રયોગ ૩, ફકરો ૩, ૪)

૪. પ્રવાહીની અંદર જેમ ઊંડે જઇએ તેમ દબાણ વધે છે. એ દબાણ પ્રવાહીના અંદરના કોઇપણ બિંદુ આગળ ચારે દિશામાં લાગે છે. દબાણનો આધાર પ્રવાહીની ખૂલ્લી સપાટીથી તે બિંદુની ઊંડાઇ અને પ્રવાહીની ઘનતા ઉપર હોય છે.

પ્રવાહીની અંદર લાગતું દબાણ = પ્રવાહીની ઘનતા × ઊંડાઇ.

૫. પ્રવાહીથી હલકી વસ્તુ સપાટી ઉપર તરે છે. દરેક તરતી વસ્તુના ડૂબેલા ભાગથી જેટલું પ્રવાહી સ્થળાંતર થાય છે તેટલાં પ્રવાહીનું વજન તે તરતી વસ્તુના વજનની બરાબર થાય છે.

૬. જો વસ્તુની ઘનતા પ્રવાહીની ઘનતાથી ઓછી હોય તો તે પ્રવાહીમાં તરે છે; વસ્તુની ઘનતા પ્રવાહીની ઘનતાની સરખી હોય તો વસ્તુ પ્રવાહીમાં ગમે ત્યાં સમતોલ રહે છે; અને વસ્તુની ઘનતા પ્રવાહીની ઘનતાથી વધુ હોય તે પ્રવાહીમાં ડૂબે છે.

૭. એક ઘન સેન્ટિમિટર ઉપર પ્રવાહીનું ગ્રામ વજનમાં જેટલું દબાણ થાય તેને અથવા એક ચોરસ ફૂટ ઉપર પાઉન્ડમાં જે દબાણ થાય તેને પ્રવાહીનું દબાણ (pressure) કહેવામાં આવે છે. અમુક સપાટી ઉપર કુલ દબાણ થાય તેને જોર (force) કહેવામાં આવે છે. જોર (force) = દબાણ (pressure) × સપાટીનું ક્ષેત્રફળ (area)

૮. દ્રવતુલા (hydrometer) પ્રવાહી ઉપર તરતું પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા માપવાનું એક સાધન છે. એ સાધન વધુ ઘનતાવાળાં પ્રવાહીમાં ઓછું ડૂબે છે અને ઓછી ઘનતાવાળાં પ્રવાહીમાં વધુ ડૂબે છે. એની ઊભી દાંડી ઉપર પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતાના આંકા પાડેલા હોય છે.

૯. એકરૂપ પ્રવાહીની ખુલ્લી સપાટી એક સરખી ઊંચાઈએ રહે છે. આથી જ ઊંચી જગ્યાએ રાખેલું પાણી ફૂવારા વડે ઊંચે ઊડે છે તેમજ શહેરમાં નળદ્વારા પાણી ઊંચા મકાન ઉપર ચડે છે.

૧૦. U-નળી તથા હેરના ઉપકરણ વડે પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા માપી શકાય છે.

[જુઓ પ્રયોગો (૧), (૨), અને (૩) ફકરો ૧૭]

$$\text{એક બાજુના પ્રવાહીની ઊંચાઈ} \times \text{પ્રવાહીની ઘનતા} = \text{બીજી બાજુના પાણીની ઊંચાઈ} \times \text{પાણીની ઘનતા}$$

$$\text{એટલે, પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા} = \frac{\text{પાણીની ઊંચાઈ}}{\text{પ્રવાહીની ઊંચાઈ}}$$

૧૧. પાસ્કલનો નિયમ :—એક બંધ કરેલા પ્રવાહીના જથ્થામાં એક બાજુ જેટલું દબાણ કરવામાં આવે તેટલું દબાણ દરેક દિશામાં એક સરખું પ્રસરી જાય છે અને દરેક સપાટી ઉપર લંબ દિશામાં લાગે છે.

આ નિયમનો ઉપયોગ જલદાબ યંત્ર (hydraulic press) વડે ઘણું દબાણ કરી ગાંસડી બાંધવામાં તેમજ ચોપડા દબાવવામાં થાય છે. એ યંત્રમાં એક બાજુ બંધ વાસણમાં નાના પિસ્ટન

વડે દબાણ કરવામાં આવે છે અને તે દબાણ બીજી બાજુના બંધ વાસણમાં મોટા પિસ્ટનની સપાટી ઉપર લાગે છે.

નાના પિસ્ટન ઉપર લગાડેલું જોર (F_1) = પિસ્ટનનું ક્ષેત્રફળ (A_1) × દબાણ (P)

મોટાં પિસ્ટન ઉપર લાગતું જોર (F_2) = પિસ્ટનનું ક્ષેત્રફળ (A_2) × દબાણ (P)

$$\frac{F_2}{F_1} = \frac{A_2}{A_1} \quad \therefore \quad F_2 = F_1 \times \frac{A_2}{A_1}$$

મોટા પિસ્ટન ઉપરનું કુલ જોર = નાના પિસ્ટન ઉપર લગાડેલું કુલ જોર × $\frac{\text{મોટા પિસ્ટનનું ક્ષેત્રફળ}}{\text{નાના પિસ્ટનનું ક્ષેત્રફળ}}$

૧૨. પ્રવાહીમાં ડૂબાડતાં કેશાકર્ષણ (capillary action) વડે બારીક નળીમાં, કપડાંના બારીક છિદ્રોમાં, બ્લોટીંગના છિદ્રોમાં પ્રવાહી ઊંચે ચઢે છે. કેશાકર્ષણનું કારણ પ્રવાહીનું પૃષ્ઠબળ (surface tension) છે.

પૃષ્ઠબળનો ઉપયોગ અનેક રીતે થાય છે. તેલના દીવામાં દીવેટની અંદર તેલ આ બળના આધારે ઊંચે ચઢે છે. બ્લોટિંગ કાગળના છેડાને અગર કપડાંના છેડાને ડૂબાડતાં પણ પ્રવાહી ઊંચે ચઢે છે. સુકાયેલા વાળ તેલ અથવા પાણીના પૃષ્ઠબળ વડે જોડાયેલા રહે છે. પ્રવાહીથી ભીંજવેલી આંગળી ઉપર કાગળ અગર હલકી વસ્તુ પ્રવાહીના પૃષ્ઠબળ વડે વળગી આવે છે.

પ્રકરણ ૫

વાતાવરણ અને તેનું દબાણ

૧. હવાને વજન છે. ઉપલક દૃષ્ટિએ જોતાં હવા લક્ષમાં આવતી નથી. સાધારણ રીતે એમ લાગે છે કે હવાને વજન નથી તેમજ હવા ગતિને અવરોધતી નથી. પરંતુ આપણે એક જાડું કાગળનું પુઠું લઇને આડું રાખી જોરથી હલાવીએ, તો સમજાય છે કે હવા વસ્તુની ગતિને અવરોધે છે. એજ રીતે હવાને વજન નથી એ માન્યતા પણ ખોટી છે. જેની અંદર એક ચકલીવાળી નળી જોડેલી હોય તેવું એક કાચનું હલકું ગોળાકાર વાસણ લો. પ્રથમ ચાવી ખુલ્લી રાખી એક ઘણાજ તિવ્ર ત્રાજવાં વડે તોલ્યા પછી તેની અંદરની હવા એકાદ પંપ વડે કાઢી લઇ ફરીથી તેનું વજન કરો, તો માલૂમ પડશે કે ગોળામાં રહેલી હવાનું પણ વજન છે અને હવાને કાઢી લેતાં ગોળાનું વજન ઓછું થાય છે. આ વજન ઘણું સૂક્ષ્મ છે એટલે સાધારણ રીતે એ લક્ષમાં આવી શકતું નથી. પરંતુ એક ૧૨ ઘન ફૂટ કદની પેટી હોય તો તેની અંદરની હવાનું વજન એક રતલ થાય છે. જો એક ઓરડાની લંબાઇ, પહોળાઇ અને ઊંચાઇ અનુક્રમે ૬૦ ફૂટ, ૩૦ ફૂટ અને ૧૫ ફૂટ હોય તો તેની અંદર રહેલી હવાનું વજન એક ટન (૫૬ મણ) થાય છે. એક ઘન સેન્ટિમિટર કદની હવાનું વજન ૧/૭૭૩ ગ્રામ (·૦૦૧૨૯૩ ગ્રામ) છે, એટલે પાણી હવાથી ૭૭૩ ગણું ભારી છે. હવાને વજન છે. હવાની અંદર રહેલી વસ્તુ ઉપર પણ હંમેશાં પ્રવાહીની પેઠે દબાણ થાય છે. વાતાવરણ (atmosphere) પૃથ્વીની સપાટી ઉપર ઓછામાં

ઓછું ૧૫૦ માઈલ ઊંચે સુધી વિસ્તરેલું છે, એટલે એકંદરે હવાનું પુષ્કળ દબાણ હોય છે, અને કેટલાક પ્રયોગો વડેજ એનો ખ્યાલ આવી શકે તેમ હોય છે. હવાના દબાણનો પ્રથમ ખ્યાલ ગૅલિલિયોને આવ્યો હોય એમ જણાય છે. એક ઉમરાવનો કૂવો ૩૪ ફૂટથી વધુ ઊંડો હતો અને તેમાંથી પંપ વડે પાણી નીકળતું ન હતું. આ બાબત ગૅલિલિયોના ધ્યાન ઉપર લાવવામાં આવી. ગૅલિલિયોએ જોયું કે પંપમાં કંઇ વાંધો ન હતો. તેણે એમ પણ શોધી કાઢ્યું કે કોઇ અજ્ઞાત કારણથી પંપ વડે પાણી ૩૪ ફૂટથી ઊંચે આવીજ ન શકે. આ અજ્ઞાત કારણની શોધ કરવાનું એના એક ટૉરિસિલિ નામના શિષ્યને ભાગ આવ્યું.

૨. ટૉરિસિલિ

ટૉરિસિલિના સમય સુધી એમ માનવામાં આવતું હતું કે કુદરત શૂન્યાવકાશ (vacuum) ને ધિક્કારે છે એટલે હંમેશાં જ્યાં શૂન્યાવકાશ થાય કે તુરત દ્રવ્ય તેની જગ્યા લેવા ધસી જાય છે. આ મતને ટૉરિસિલિએ ખંડિત કર્યો અને પ્રતિપાદન કર્યું કે હવાના દબાણને લીધે જ પાણી પંપની નળીમાં ઊંચે ચઢે છે. જ્યારે લેમન અથવા સોડા નળી (reed) વડે પીવામાં આવે છે (આકૃતિ ૪૧), ત્યારે પણ નળીમાં અંદર હવા શોષી લેવાથી થોડું શૂન્યાવકાશ થવાથી હવાનું દબાણ ઓછું થાય છે અને બહારની હવાના વધુ દબાણથી પ્રવાહી નળીમાં ઊંચે ચઢે છે.

આકૃતિ ૪૧



ટૉરિસિલિએ આ સિદ્ધાંતના આધારે પ્રથમ પારાથી ભરેલી નળીનું વાયુભારમાપક (barometer) રચ્યું અને પારાની ઊંચાઇમાં થતા વધઘટને વાતાવરણના દબાણમાં થતા ફેરફારને

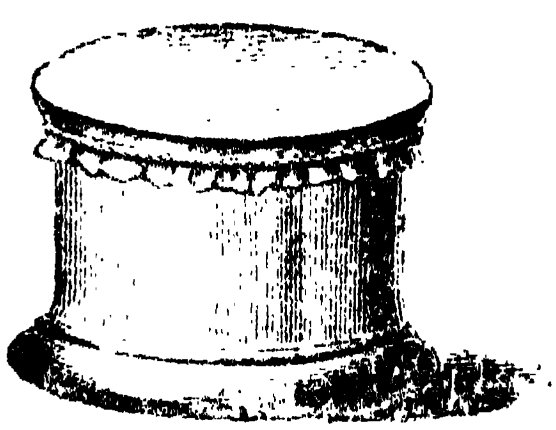
લીધે હોવાનું નક્કી કર્યું. અત્યારના હવામાનશાસ્ત્ર (meteorology) નો ઉત્પાદક ટૉરિસિલિ ગણી શકાય.

૩. વાતાવરણનું દબાણ. ઉપર કહ્યું તેમ આપણે હવામાનના ૧૫૦ માઇલથી વધુ ઊંચાઇના સ્તરમાં દબાયેલા છીએ. એક ચોરસ ઇંચ જગ્યા ઉપરના હવાની ઊંચાઇના જથ્થાનું વજન કરીએ તો ૧૫ રતલ થાય છે. આ રીતે જોતાં માણસના શરીરના દરેક ચોરસ ઇંચ ભાગ ઉપર ૧૫ રતલનું દબાણ થાય છે. આમ છતાં આપણને આ દબાણની અસર થતી નથી. કારણ કે આપણા શરીરના અંદરના ભાગમાં રહેલી હવાનું પણ એટલુંજ દબાણ સામી બાજુએ લાગે છે. અંદરનું અને બહારનું દબાણ એકબીજાંને સમતોલે છે, એટલે આપણને આવાં પ્રચંડ દબાણનો ખ્યાલ પણ આવતો નથી. કેટલીક વાર શરીરમાં ઘા પડયો હોય અથવા વાગ્યું હોય તો અમુક નસોમાં વધુ હવાનો ભાગ દબાણથી ગોંધાઇ રહે છે. આથી જો બહારની હવાનું દબાણ ઓછું થાય તો એ નસોની અંદરની હવાનું દબાણ વધુ હોવાથી શરીરમાં દુખાવો થાય છે. આવા બનાવને સાધારણ રીતે વાદળ થવાથી વાગેલા ભાગોમાં દુખાવો થાય એમ કહી સમજાવવામાં આવે છે; પરંતુ ખરૂં કારણ એ છે કે વરસાદનું વાદળ થાય ત્યારે ઘણુંખરૂં વાતાવરણનું દબાણ ઓછું થાય છે, અને તેથી દુખાવો થાય છે. આજ કારણને લીધે જો ઘણા ઊંચા પર્વત ઉપર જઇએ તો આપણા શરીરની નસોમાં ગોંધાયેલી હવાનું દબાણ બહારની હવાના દબાણથી વધુ હોવાથી નસોમાં ઘણો દુખાવો થાય છે, અને કેટલીકવાર નસ ફાટી જવાથી નાકે અને મોંએ લોહી પડે છે. આ કારણથી વાતાવરણમાં લગભગ ૨૨૦૦૦ ફૂટથી ઊંચે જવાનું ઘણું મુશીબત ભર્યું છે.

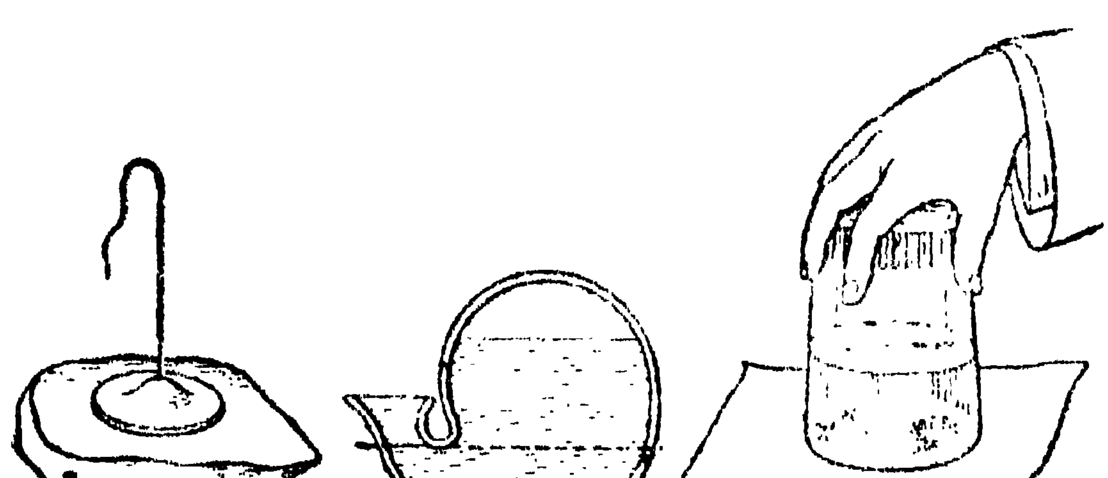
૫. હવાના દબાણ દર્શાવતા પ્રયોગો

(अ): એક હવા ખેંચવાના પંપ (vacuum pump) વડે રબરના પડદાથી બંધ કરેલા વાસણમાંથી (આકૃતિ ૪૨) હવા ખેંચી લો. એ રબર નીચે દબાય છે કારણ કે અંદરની હવાનું દબાણ ઓછું થાય છે અને બહારની હવાના વધુ દબાણથી રબર નીચે દબાય છે. પાછી હવા દાખલ કરો કે તરત એ રબર અસલ સ્થિતિમાં આવે છે. કારણ કે અંદરની હવાનું અને બહારની હવાનું દબાણ સરખું થાય છે. (ब): એક ટિનના ડબ્બામાં થોડું પાણી ભરીને ખુબ ઉકાળ્યા પછી એનું મોઢું ચુસ્ત બંધ કરી એને ઠંડો પડવા દો. અંદરની વરાળનું પાછું પાણી બની જશે અને અંદરના ભાગમાં શૂન્યાવકાશ (vacuum) થવાથી આખો ડબ્બો ખેવડાઇ જઇને ચીમળાઇ જશે. આ બન્ને પ્રયોગોથી એટલું ચોક્કસ પુરવાર થાય છે કે વાતાવરણનું દબાણ ઘણું મોટું છે.

આકૃતિ ૪૨.



આકૃતિ ૪૩.



(૧) (૨) (૩)

(क) આકૃતિ ૪૩ (૧) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક લીસાં ચામડાનો ટુકડો લઇને કાચની તકતી ઉપર સ્હેજ પાણી નાંખી બરાબર ચોંટાડો. હવે વચ્ચે બાંધેલી દોરીથી એને ખેંચવામાં આવે તો એને ઉખેડવામાં

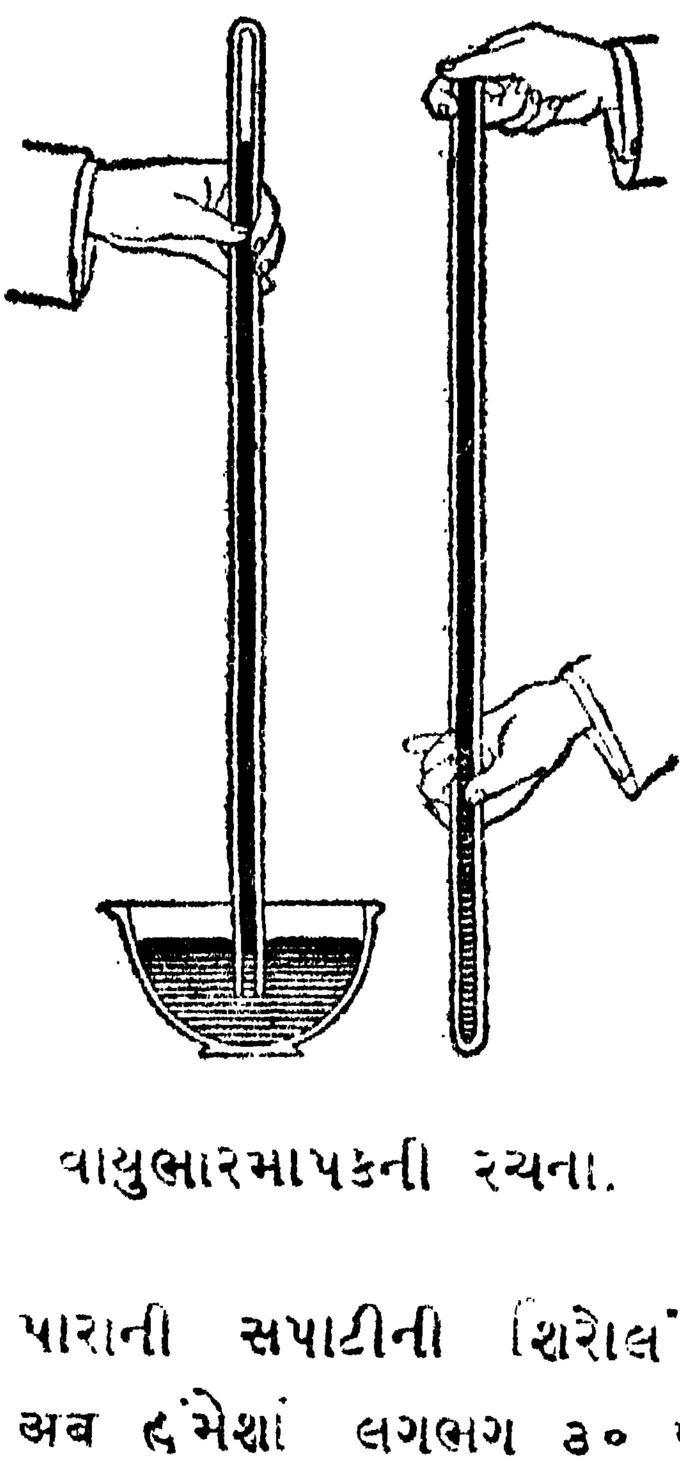
ઘણી મુશીબત પડે છે. એનું કારણ એ છે કે એને ખેંચતા તળિયાંમાં શૂન્યાવકાશ થાય છે અને ઉપરથી હવાનું પ્રચંડ દબાણ લાગે છે. (ख) : આકૃતિ ૪૩ (૨) માં એક સાહીનો ખડિયો બતાવ્યો છે એમાં જમણી બાજુની સાહીની ઉપરની હવાનું દબાણ ઓછું છે અને ડાબી બાજુના ખલ્લાં મોંની સપાટી ઉપર બહારની હવાનું દબાણ વધુ છે. આથી જમણી બાજુની સાહીની સપાટી ઊંચી હોવા છતાં સાહી ડાબી બાજુથી બહાર નીકળી આવતી નથી. (इ): આકૃતિ ૪૩ (૩) માં બતાવ્યા પ્રમાણે નીચેથી એક પાણીના પ્યાલાને સંપૂર્ણ ભરી·તેના ઉપર એક કાગળ મૂકી પ્યાલાને ઊંધો વાળો. હાથ ઉપાડી લઇએ તો પણ પાણી નીચે નીકળી આવતું નથી, કારણ કે કાગળની ઉપરના પાણીના દબાણ કરતાં એની નીચેથી થતું હવાનું દબાણ ઘણું જ વધારે છે.

૬. વાતાવરણના દબાણનું માપ

વાતાવરણના વાયુના દબાણનું માપ પ્રથમ ટૉરિસિલિએ કાઢયું. પંપ વડે પાણી ૩૪ ફૂટથી વધુ ઊંચે ન ચઢી શકે એ ઘટના ઉપરથી એણે અનુમાન કાઢયું કે ૩૪ ફૂટ ઊંચાઇના પાણીથી જેટલું દબાણ થાય છે, તેટલુંજ દબાણ વાતાવરણનું પણ હોવું જોઇએ. વળી એણે વિચાર્યું કે, “જો હવાના દબાણથી પાણી ૩૪ ફૂટ ઊંચે સુધીજ ચઢે છે તો પારો જે પાણીથી ૧૩·૬ ગણો ભારી તે હવાના દબાણથી ૩૦ ઇંચ ઊંચે સુધી જ ચઢી શકશે; અને એક નળીમાંથી હવા તદ્દન શોષી લેવામાં આવે તો પણ પારો ૩૦ ઇંચથી વધુ ઊંચે ચઢવો ન જોઇએ.” આ ઉપરથી એણે ૩૦ ઇંચથી વધુ લાંબી નળી લઇને પારાથી ભરીને એક પારાના પ્યાલામાં તે નળીનો ખૂલ્લો છેડો ડુબાવી નળીને ઊભી કરી. આ પ્રયોગથી તેને માલૂમ પડયું કે નળીમાં પારાના સ્તંભની ઊંચાઇ ૩૦ ઇંચથી વધુ ન હતી. ઉપરના ભાગમાંનો પારો આપ મેળે નીચે ઉતરી ૩૦ ઇંચ ઊંચાઇએ આવી રહ્યો.

૭. વાયુભારમાપક Barometer

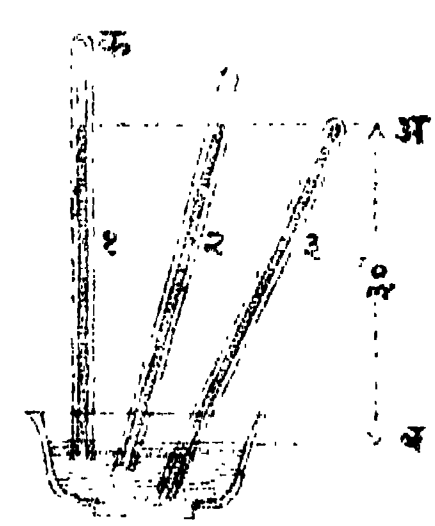
આકૃતિ ૪૪.



વાયુભારમાપકની રચના.

પ્રયોગ :–(अ) એક છેડે ખુલ્લી અને બીજે છેડે બંધ હોય એવી એક લગભગ ૮૦ સેમિ. લાંબી કાચની નળી લો. પ્રથમ એને આખી પારાવતી ભરી દો. નળીમાં હવાના પરપોટા ન રહે તેની કાળજી રાખો. હવે ખુલ્લા છેડાને અંગુઠા વડે બંધ કરી (આકૃતિ ૪૪) એક પારાથી ભરેલા વાડકામાં ઊંધી વાળો. એમ કરતાં માલમ પડે છે કે નળીમાંના પારાની સપાટી થોડે નીચે આવી છે. પારાની ઊંચાઇ લગભગ ૩૦ ઇંચ અથવા ૭૬ સેન્ટિમિટર જેટલી છે. તેની નોંધ લો. (ब) હવે નળીને આકૃતિ (૪૪,अ) માં બતાવેલી ૧, ૨ અને ૩ જેવી સ્થિતિમાં લાવો. જેમ નળી નમતી જશે તેમ પારો નળીમાં ઊંચે ચઢે છે. છેલ્લી સ્થિતિમાં નળી તદ્દન ભરાઇ જાય છે. આમ છતાં પારાની સપાટીની શિરોલંબ (vertical) ઊંચાઇ अब હંમેશાં લગભગ ૩૦ ઇંચ અથવા ૭૬ સેન્ટિમિટર જેટલીજ રહે છે.

આકૃતિ ૪૪,अ.



ઉપરના પ્રયોગો ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે ઊંધી વાળેલી નળીમાંના પારાનું જેટલું દબાણ વાડકીમાંના પારાની સપાટી ઉપર થાય છે તેટલુંજ દબાણ બહારની હવા પણ વાડકીમાંના પારાની સપાટી ઉપર કરે છે. વાડકીના પારાની બહારની સપાટીથી જેટલી ઊંચાઇએ નળીમાંના પારાનો સ્તંભ (column)

રહે છે તેના વજન જેટલું દબાણ બહારની હવાનું છે. નળીના ઉપલા ભાગમાં શૂન્યાવકાશ (vacuum) છે તેની પ્રયેાગ(ब) ઉપરથી ખાતરી થાય છે. એ શૂન્યાવકાશ જગ્યાને ટૉરિસિલીનું શૂન્યાવકાશ કહેવામાં આવે છે. પ્રયેાગ (ब) ઉપરથી એ પણ માલમ પડે છે કે નળીને નમાવીએ તેાપણ પારાના સ્તંભની શિરોલંબ ઊંચાઇ अ ब જેટલીજ રહે છે. આ પ્રકારે તૈયાર કરેલાં સાધનને વાયુભારમાપક (barometer) કહેવામાં આવે છે.

૮. પાસ્કલનેા પ્રયેાગ

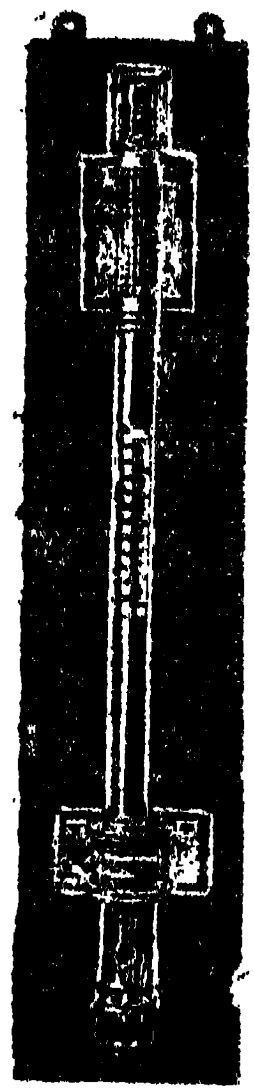
ટૉરિસિલિની શેાધ પછી પાસ્કલે બીજા એક પ્રયેાગ વડે તદ્દન ચેાક્કસ પૂરવાર કર્યું કે વાયુભારમાપકની નળીમાં રહેલેા પારેા વાતાવરણના દબાણનું (atmospheric pressure) માપ દર્શાવે છે. પારાની ઊંચાઇમાં થતા ફેરફાર વાતાવરણના દબાણમાં થતા ફેરફારનેજ આભારી છે. પાસ્કલે એમ ધ્યાન દેાડાવ્યું કે જેમ પ્રવાહીમાં ઊંડેથી ઉપર આવતાં દબાણ એાછું થાય છે, તેમ વાતાવરણમાં પણ નીચી જગ્યાએથી ઊંચે જઇએ તેા હવાનું દબાણ એાછું થવું જોઇએ. આ પ્રયેાગ તેણે પ્રથમ એક મીનારામાં કર્યો તેમાં હવાના દબાણનેા ઘણેા નજીવેા ફેર માલમ પડયેા. ત્યારપછી તેણે તેના સસરા ઉપર કાગળ લખી તેના મુકામ નજીક આવેલા એક પર્વતના શિખર ઉપર જઇ આ પ્રયેાગ કરવા સૂચવ્યું. તેના જવાબમાં તેને આશ્ચર્યકારક ફતેહના સમાચાર મળ્યા. પર્વતના શિખર ઉપર વાયુભારમાપકને લઇ જતાં માલૂમ પડયું કે પારાની સપાટી ૩ ઇંચ નીચે આવી. આ પ્રયેાગ વડે વાયુભારમાપકનેા બીજો ઉપયેાગ પણ સમજાયેા કે વાતાવરણની ઊંચાઇના પ્રમાણમાં પારાની સપાટી નીચે આવતી હેાવાથી, એના વડે હવામાં ઉચ્ચતા માપી શકાય છે. ઘણાખરા

પર્વતની ઊંચાઇ અને વિમાન કેટલું ઊંચું ગયું તે (altitude) હવે વાયુભારમાપક વડે માપવામાં આવે છે.

૯. પહેલું વાયુભારમાપક ટૉરિસિલિએ વાયુભારમાપક તૈયાર કર્યું હતું તે અત્યારના વાયુભારમાપકથી ખાસ જુદું ન હતું; પરંતુ સૌથી કૂતુહલ ઉપજાવે એવું વાયુભારમાપક મૅડબર્ગના ઑટો ફૉન જીરીકનું હતું. તેણે એ વાયુભારમાપક માટે પાણી વાપર્યું હતું, એટલે એ નળી લગભગ બત્રીસ ફૂટથી વધુ ઊંચી હતી અને તે જમીનથી માંડીને એના ઘરના છાપરાની બહાર નીકળતી હતી. નળીમાંના પાણીની ઉપલી સપાટી ઉપર એક લાકડાની ઢીંગલી તરતી હતી. એ ઢીંગલી સારી ઋતુ વખતે ઘરના છાપરાં બહાર તરતી રહેતી પરંતુ જ્યારે હવાનું દબાણ ઓછું થઇ ઋતુ ખરાબ થતી ત્યારે તે આપોઆપ પાણીની સપાટી સાથે ઘરમાં ઊતરી જઇ નજર બહાર થતી. આ ઉપરથી ઘણા એમ માનતા હતા કે જીરીકને સેતાન સાથે સંબંધ હોવો જોઇએ.

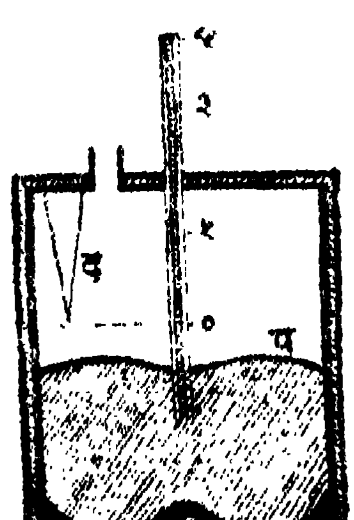
૧૦. વાયુભારમાપકના પ્રકાર ટૉરિસિલિની શોધ પછી થોડા ઘણા સુધારા બાદ કરતાં અત્યારનું પારાનું વાયુભારમાપક લગભગ તેવું જ છે. આકૃતિ (૪૫) અને (૪૭)માં બતાવેલા બે વાયુભારમાપક હાલમાં પ્રચલિત છે. ફ્રૉર્ટીનનું વાયુભારમાપક આકૃતિ (૪૫)માં બતાવ્યું છે. હવાના દબાણના ફેરફારથી એમાંના પારાની સપાટી ઊંચેનીચે જાય છે અને તેથી વાતાવરણના દબાણની વધઘટનું માપ નીકળે છે. વાયુભારમાપકની નળી ઉપર પારાના સ્તંભની ઊંચાઇના માપ આંકેલા છે. પારાના સ્તંભની

આકૃતિ ૪૫.



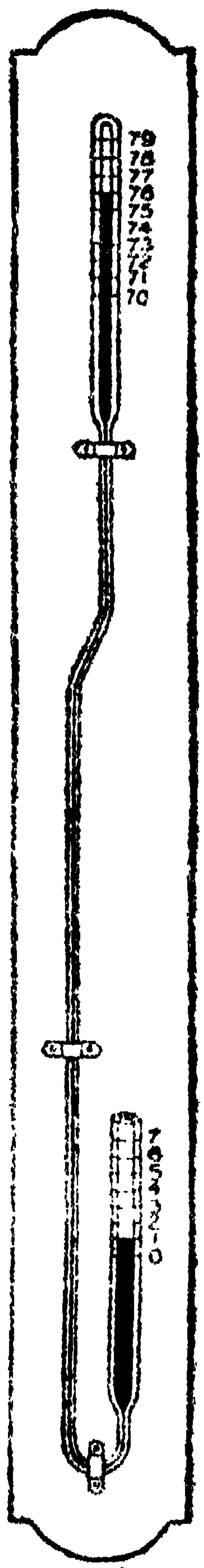
ઊંચાઇનું માપ નીચેના પ્યાલાની અંદરના પારાની સપાટી ઉપરથી કાઢવું જોઇએ. પરંતુ આ સપાટી એકજ જગ્યાએ રહેતી નથી. આથી પારાના સ્તંભનું ચોક્કસ માપ કાઢવું હોય તો દર વખતે નળી ઉપર આંકેલા શૂન્ય ઊંચાઇનાં આંકડા આગળ જ પ્યાલામાંના પારાની સપાટી હોવી જોઇએ. આ પ્રમાણે દર વખતે નીચેના પારાની સપાટી એકજ જગ્યાએ આવી રહે તેટલા માટે નીચેની યોજના કરવામાં આવી છે (આકૃતિ ૪૬). નીચેના પ્યાલામાં એક દર્શક (pointer) દ ની અણી શૂન્યના આંક આગળ રાખેલી છે. દર વખતે પારાની સપાટી (પ) એ અણી સુધી લાવવાથી નળીમાંના પારાના સ્તંભની ખરી ઊંચાઇ માપી શકાય છે. પારાથી ભરેલાં વાસણમાં નીચે એક ચામડાંનો પડદો ચ રાખવામાં આવે છે. જો પારાની સપાટી દર્શક (pointer) ની અણીથી નીચે કે ઊંચે જાય તો નીચેના સ્ક્રૂ સ ને ઊંચેનીચે ખસેડી એ સપાટીને હંમેશાં દર્શકની અણીને અડે તેમ લાવવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૪૬.



આકૃતિ (૪૭) માં સાઇફન (siphon) વાયુભારમાપક બતાવેલું છે. એમાં નીચેનો ટૂંકો છેડો વાંકો વાળીને ઊંચે ખૂલ્લો રાખેલો છે. એ ખૂલ્લા છેડાની પારાની સપાટી ઉપર જેટલું હવાનું દબાણ થાય છે તેટલુંજ દબાણ નળીના પારાના સ્તંભનું એજ સપાટી ઉપર થાય છે. પરંતુ પારાની બન્ને સપાટી ઊંચેનીચે જતી હોવાથી

આકૃતિ ૪૭.



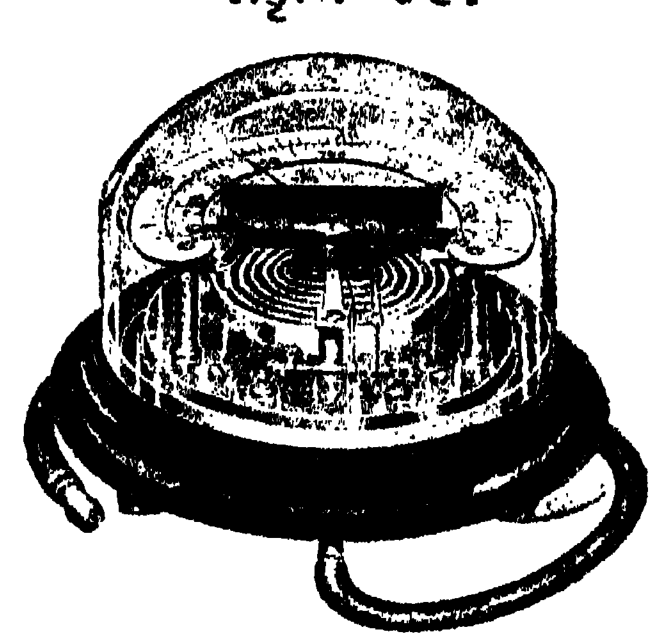
સાઇફન બૅરોમિટર.

તેમાં ઉપર અને નીચે બન્ને માપ વાંચી નીચેની સપાટીથી ઊંચેની સપાટીની ઊંચાઇ કાઢવાથી હવાનું દબાણુ નીકળે છે.

૧૧. ઍનૅરોઇડ વાયુ-ભારમાપક Aneroid Barometer

પારાનું વાયુભારમાપક ઘણું લાંબુ અને એકંદરે અગવડ ભરેલું છે. પર્વતની ઊંચાઇ માપવા, વિમાનની અંદર રાખવા અને જમીનની સપાટીના અવલોકન કરવા માટે એને લઇ જવામાં ઘણી મુશીબત પડે છે. એટલા માટે ઍનૅરોઇડ (નિર્દ્રવ) વાયુભારમાપક નામે યંત્ર રચવામાં આવ્યું છે. એની અંદર એક બંધ ડબ્બો હોય છે. એ ડબ્બાની ઉપલી બાજુ પાતળાં અને સહેલાઇથી વળે તેવાં પતરાંના ઢાંકણાંથી બંધ કરેલી હોય છે. એ ડબ્બામાં હવાનું દબાણુ થોડું ઓછું કરેલું હોય છે. બહારની હવાનું દબાણુ વત્તુંઓછું થાય છે તેમ એ ડબ્બાનું ઢાંકણું પણ વત્તુંઓછું દબાય છે. એ ઢાંકણના વત્તાઓછા વળવાનાં પ્રમાણ ઉપરથી હવાનું દબાણુ શોધી કાઢવામાં આવે છે. પરંતુ એ ઢાંકણાંનું હલનચલન એકદમ નાનું હોવાથી બે ચાર ઉચ્ચાલનોને જોડીને છેવટે એક કાંટા વડે એનો ફેર નોંધવામાં આવે છે. એ કાંટો એક આંકેલા

આકૃતિ ૪૮.



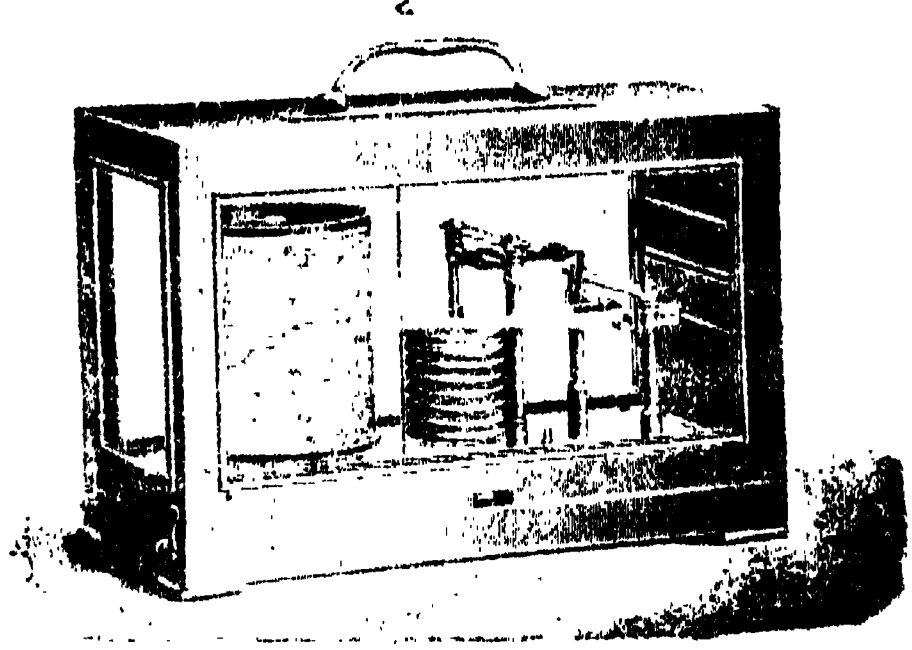
ઍનરોઇડ બૅરોમિટર.

ચક્ર ઉપર ગોળ ફરે એવી રચના કરેલી હોય છે. એ ચક્ર ઉપર પ્રમાણસર વાયુભારના માપ નોંધેલાં હોય છે. આ આખું યંત્ર એક નાના સરખા દાબડામાં સમાય છે (આકૃતિ ૪૮), એટલે એ વધારે સુગમતાવાળું છે. વળી એને એટલું તિવ્ર (sensitive) બનાવવામાં આવે છે કે એક ઓરડાના તળિયાંથી માળ સુધી લઇ જતાં જ વાયુભારનો ફેર નોંધી શકાય.

૧૨. બૅરોગ્રાફ Barograph

વાયુશાસ્ત્રમાં દરરોજના અને કલાકે કલાકે વાયુ તથા વાયુના દબાણના ફેરફારો નોંધવા પડે છે. એટલા માટે ઍનૅરોઇડ વાયુ-ભારમાપકનો ઉપયોગ વાયુભારની આપોઆપ નોંધ કરવામાં થાય છે. એ રીતે નોંધ કરતું યંત્ર આકૃતિ (૪૯) માં બતાવ્યું છે. એને બૅરોગ્રાફ (વાયુભારલેખક) કહેવામાં આવે છે. એમાં એક મોટું ગોળ નળાકાર ચક્રને ફરતું રાખવામાં આવે છે અને તેના ઉપર કલાકના અને વાયુભારના આલેખ (ગ્રાફ) વાળો કાગળ લગાડવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૪૯.



બૅરોગ્રાફ Barograph.

ઍનૅરોઇડ બૅરોમિટરના કાંટાની સાહીથી ભીંજવેલી અણી એ કાગળ ઉપર વાયુભારની વધઘટ દર્શાવતો આલેખ (graph) તૈયાર કરે છે. દર ૨૪ કલાકે નોંધવાળો કાગળ કાઢી લઇ બીજો કાગળ લગાડવામાં આવે છે.

૧૩. વાયુભારમાપકના ઉપયોગ હિન્દુસ્તાન જેવા ખેતીપ્રધાન દેશમાં વાયુભારમાપકનો ઉપયોગ ઘણો લાભ-કારક થઇ પડયો છે. ખાસ કરીને ચોમાસું ક્યારે શરૂ થશે અને વરસાદ ક્યારે આવશે તેની આગાહી કરવામાં વાયુભારમાપક ઘણુંજ ઉપયોગી નીવડયું છે. ચોમાસું આવતાં જ્યારે વાતાવરણનું દબાણ એકાએક ઓછું થાય ત્યારે વરસાદ આવશે એમ ધારી શકાય છે. વાતાવરણનું દબાણ વધે તો થોડા દિવસમાં ઋતુ સુકી થશે એમ કલ્પી શકાય છે. જો કોઇ વખતે વાયુભારમાપકમાં પારો એકાએક નીચે ઊતરી આવે, તો જરૂર એમ માનવું કે થોડા વખતમાં વાવાઝોડાનું અને વરસાદનું તોફાન થનાર છે. ઘણીવાર મોટાં પૂર આવવાની આગાહી પણ એના વડે થાય છે. હજુ હવા-માનશાસ્ત્ર (meteorology) ની પ્રગતિ જોઇએ તેટલી થઇ નથી, છતાં ઋતુમાં થતાં સાધારણ ફેરફારની અગમચેતી વાયુ-ભારમાપક વડે ઘણી સફળતાથી થઇ શકે છે.

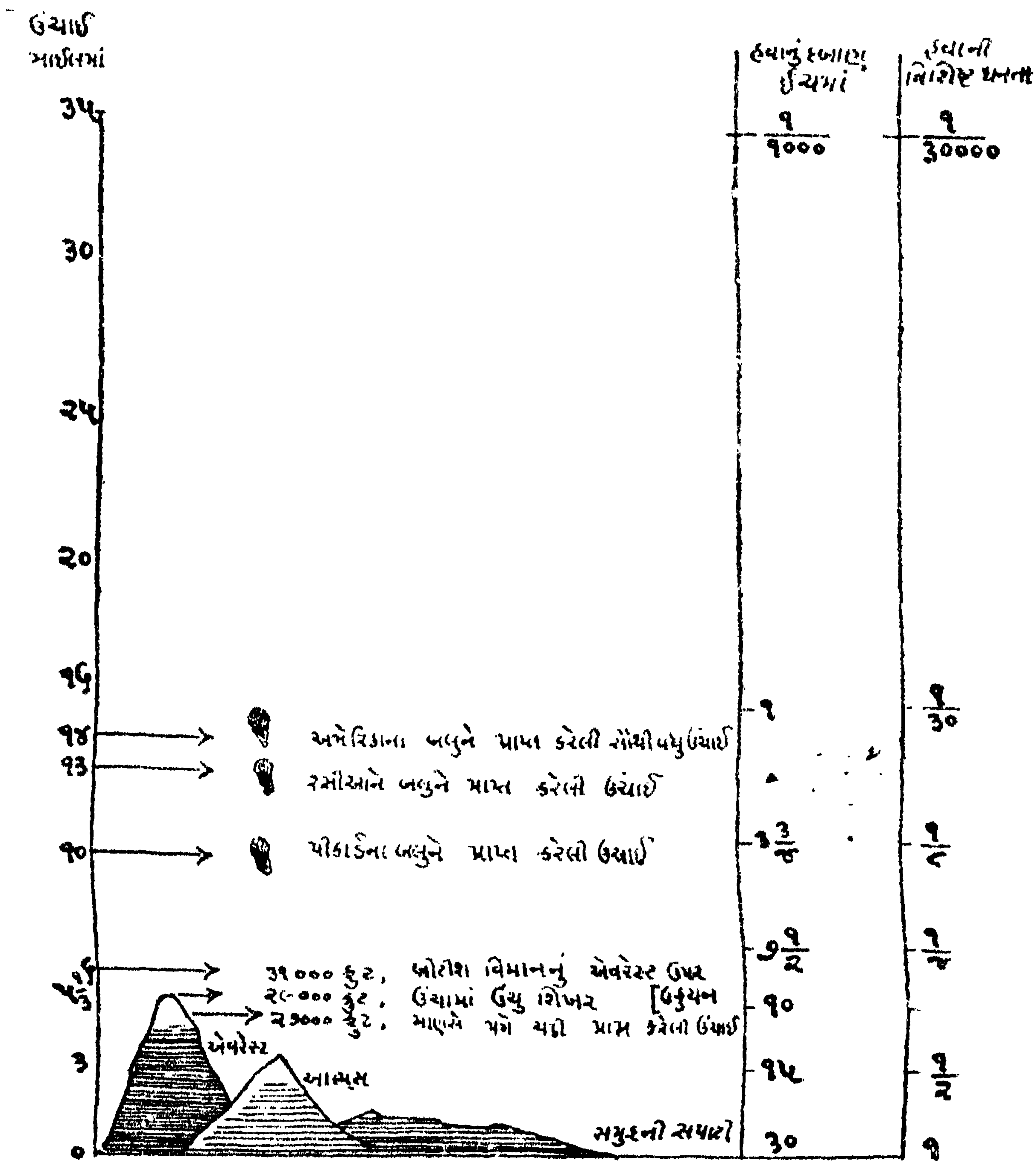
આજકાલ વિમાની માર્ગોની બહુજ ઝડપી પ્રગતિ થઇ રહી છે. વિમાનના માર્ગમાં વરસાદ કે વાવાઝોડાનું તોફાન નડે તો વિમાન જોખમમાં આવી પડવાનો સંભવ રહે છે, એટલે વિમાનીઓને વાયુભારમાં થતા ફેરફારની હંમેશાં નોંધ રાખવી પડે છે. આમ વાયુભારમાપક વિમાનશાસ્ત્રમાં પણ ઘણું ઉપયોગી થઈ પડ્યું છે.

એ સિવાય પર્વતોની અથવા વિમાનની ઊંચાઇ માપવામાં પણ વાયુભારમાપક ઘણું ઉપયોગી છે. હવામાં ઊંચે જતાં દબાણ ઓછું થાય છે, એટલે દબાણના માપ ઉપરથી પૃથ્વીની સપાટીની ઊંચાઇ માપી શકાય છે (આકૃતિ ૫૦).

ઘણા વિજ્ઞાનના પ્રયોગોમાં પણ હવાના દબાણની ચોકસાઈથી નોંધ રાખવી પડે છે, એટલે વિજ્ઞાનને વાયુભારમાપક ઘણુંજ આવશ્યક છે.

૧૪. વાતાવરણની પરિસ્થિતિ પાસ્કલના પ્રયોગથી સાબિત થયું હતું કે જેમ ઊંચે જઈએ તેમ હવાનું દબાણ ઘટતું જાય છે. વળી હવાનો ગુણ એવો હોય છે કે જેમ દબાણ વધે તેમ એ વધુ ઘટ્ટ થાય છે, એટલે

આકૃતિ ૫૦.



જમીનની સપાટી ઉપરની હવા એકદમ ઘટ્ટ છે અને જેમ ઊંચે જઈએ તેમ હવા પાતળી થતી જાય છે. ફક્ત ત્રણ માઇલ ઊંચે જઇએ તો હવાનું દબાણ અને ઘનતા અર્ધાં થઇ જાય છે. આ કારણથી એટલી ઊંચાઇવાળા પર્વત ઉપર આપણે જઇએ તો આપણા શરીરને જરૂર પૂરતો ઑક્સિજન લેવા માટે એકી વખતે બહુજ ઊંડો શ્વાસ લેવો પડે છે; કારણ કે એ હવામાં ઑક્સિજનનું પ્રમાણ પણ અર્ધું જ થઇ જાય છે. ઊંચે જતાં હવાના દબાણ અને ઘનતા કેટલાં પ્રમાણમાં ઘટે છે તે આકૃતિ (૫૦) માં બતાવવામાં આવ્યું છે. આખા જગતમાં હિમાલયનું એવરેસ્ટ શિખર સૌથી ઊંચામાં ઊંચું છે. એની ઊંચાઇ ૨૯૦૦૦ ફૂટ અથવા લગભગ ૫ માઇલથી વધુ છે. એટલી ઊંચાઇએ હવાનું દબાણ માત્ર ૮ થી ૧૦ ઇંચ પારા જેટલું છે. એટલે જમીનની સપાટીથી $\frac{1}{3}$ ભાગનું છે; અને ઘનતા જમીનની સપાટીની હવાની ઘનતાની $\frac{1}{3}$ ભાગની છે. હવાની ઘનતા અને તેનું દબાણ ઓછાં થાય છે એટલુંજ નહિ, પરંતુ ઊંચે જતાં હવાનું ટૅમ્પરેચર (ઉષ્ણતામાન temperature) પણ ઓછું થાય છે. લગભગ ૨૦૦૦૦ ફૂટ ઊંચે પહોંચતાં શૂન્ય ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડનું ટૅમ્પરેચર માલૂમ પડે છે. આ કારણથી એથી ઊંચા પર્વતના શિખરો હંમેશાં બરફથી ઢંકાયેલાં રહે છે. જેમ ઊંચે જઇએ તેમ ટેમ્પરેચર શૂન્યથી પણ ઓછું થાય છે, એટલે હવામાં ઊંચે ઊડવામાં અગર ઊંચા શિખરો ઉપર જવામાં હંમેશાં ઘણી મુશીબત રહેલી છે.

વિમાન અને બલૂન વડે ઊંચે જવાના ઘણા પ્રયાસો થયા છે. ૧૮૬૨ માં ગ્લેશર અને કોક્ષવેલ નામના બે વિમાની પ્રથમ ૭ માઇલ ઊંચે ઉડ્યા હતા. આગળ કહ્યું તેમ એટલી

ઊંચાઈએ હવાનું દબાણ માત્ર ૭ ઇંચ હોવાથી માણસના શરીરની નસોમાં હવા ઘેરાયેલી હોય તે શરીરમાંથી વિરૂધ્ધ દબાણ કરે છે અને તેથી લોહીની શિરાઓ ફાટી જાય છે. વળી હવામાં ઑક્સિજન ઓછો હોવાથી શરીરની જરૂર જેટલો શ્વાસમાં આવી શકતો નથી, આ કારણથી બન્ને વિમાનીઓના શરીરના અવયવો શિથિલ થઈ ગયા હતા અને ગ્લેશર તો બિલકુલ બેભાન થઇ ગયો હતો. કૉક્ષવેલને જરાતરા ભાન હોવાથી દાંતવડે દોરડું ખેંચી એણે બલૂનમાં ભરેલા વાયુને ઓછો કરવાનો વાલ્વ (valve) વખતસર ઊઘાડી નાંખ્યો અને બલૂન નીચે આવ્યું.

ત્યાર પછી જાણવા લાયક પ્રયત્ન ૧૯૨૭ ની મેની ૪ તારીખે યુનાઇટેડ સ્ટેઇટ્સના કેપ્ટન ગ્રે નામના વિમાનીએ કર્યો હતો. એણે બલૂનમાં બનાવટી ઑક્સિજનનુ સાધન તૈયાર રાખ્યું હતું એટલે તે સફળતાથી આઠેક માઇલ (૪૨૪૭૦ ફૂટ) ઊંચે ઊડી શક્યો.

કૅલીઝો નામનો ફ્રેન્ચ વિમાની સાદું વિમાન વાપરી ૭¾ માઇલ (૪૦૮૨૦ ફૂટ) ઊંચે ઉડયો, અને એણે –૩૭·૭° સે. અથવા –૧૦૦° ફે. નું ટેમ્પરેચર નોંધ્યું હતું.

૧૯૩૪ માં પ્રો. પીકાર્ડે વૈજ્ઞાનિક પદ્ધતિથી હવામાં ઊંચે ઊડવાનો પ્રયત્ન કર્યો. એણે એક મોટાં બલૂનની સાથે ચારે બાજુથી બંધ કરેલો ગોળો (ગોન્ડોલા) લટકાવી તેમાં બેસવાનું રાખ્યું. એ ગોળાની અંદર બનાવટી ઑક્સિજન અને વિદ્યુતથી ગરમી મળે એવાં સાધન રાખ્યાં હતાં. એ સિવાય આપમળે નોંધી લે એવાં વાયુભારમાપક, થરમૉમિટર અને કૉસ્મિક–

કિરણમાપક રાખ્યાં હતાં. એનું બલૂન ૧૯૩૪ માં લગભગ ૧૦ માઇલ ઊંચે ચઢી સફળતાથી નીચે આવ્યું હતું.

ત્યાર પછી એવી રીતે ઊંચે જવાના ઘણા પ્રયત્નો થયા છે. દશ માઇલ ઊંચે જે હવાનું પડ આવેલું છે તેને સ્ટ્રૅટોસ્ફિયર (stratosphere) કહેવામાં આવે છે. કહેવાય છે કે જો એ પડમાં વિમાન ઉડાડવાનું બની શકે તો હવાનો અવરોધ ઘણોજ ઓછો લાગવાથી વિમાનની ગતિ કંઇ નહિ તો કલાકના ૬૦૦ માઇલ સુધીની થઇ શકે. આ પ્રલોભનને લીધે દરેક દેશ એ હવાની પરિસ્થિતિ વિષે જેટલું બને તેટલું જાણવાનો પ્રયત્ન કરે છે.

પ્રો. પીકાર્ડની પછીના પ્રયત્નોમાં નીચેના નોંધવા લાયક છે. ૧૯૩૪ ના જાન્યુઆરીમાં બે રશિયન વિમાની બલૂનમાં ઊંચે ચઢ્યા હતા અને ૬૨૦૦૦ ફૂટ (લગભગ ૧૧ માઇલ) ની ઉચ્ચતા નોંધવામાં આવી હતી. એ વિમાનનો ગોંડોલા (બંધ ગોળો) તૂટી ગયો અને બન્ને વિમાની માર્યા ગયા હતા. આજ સુધી એ ઊંચાઇ જગતનો રેકોર્ડ (record) ગણાતી હતી, પરંતુ ૧૯૩૫ ના ઑક્ટોબરની ૧ લી તારીખે જ્યૉગ્રાફીકલ સોસાયટી અને યુનાઇટેડ સ્ટેઇટ્સના લડાયક અને હવાના કાફલાના આશરા હેઠળ એક્ષ્પ્લોરર ૨ (Explorer II) નામના બલૂને એ રેકોર્ડ તોડયો. એ બલૂન આજ સુધીના સર્વ બલૂનથી મોટું હતું અને એમાં બહુજ કાળજીપૂર્વક સર્વ તૈયારી કરવામાં આવી હતી. કેપ્ટન સ્વીન્સ અને કેપ્ટન ઍન્ડરસન એમાં ઉડ્યા હતા અને રેડિયોના યંત્ર વડે ઉડ્ડયનનું વર્ણન કર્યું હતું. એમનું બલૂન ૭૨૦૦૦ ફૂટ (લગભગ ૧૩ માઇલ) ઊંચાઇએ ચઢયું હતું.

આ સિવાય આપમળે ઊંચા જનારા બલૂન વડે વધુમાં વધુ ૨૧ માઇલની ઊંચાઇ નોંધવામાં આવી છે. સૂર્યાસ્ત વખતે પરાવર્તન થતા પ્રકાશ ઉપરથી ગણતરી કરતાં માલમ પડે છે કે લગભગ ૪૫ માઇલ સુધી તો હવાના અણુ પ્રકાશને પરાવર્તન કરે એટલા ઘટ્ટ છે. આથી વધુ ઊંચાઇએ પણ હવાનો પાતળો સ્તર વિસ્તરેલો છે, અને લગભગ ૧૫૦ થી ૫૦૦ માઇલ ઊંચાઈ સુધી હવામાનનો વાયુ હોવો જોઇએ. હવાના ઉપલા ભાગમાં હલકા વાયુ આવેલા છે, એટલે ઘણી ઊંચાઇએ હાઇડ્રોજન અને હેલિયમ જેવા હલકામાં હલકા વાયુ વધુ પ્રમાણમાં છે અને બીજા વાયુનું પ્રમાણ બહુજ ઓછું હોય છે. આજ સુધી એમ મનાતું હતું કે જેમ ઊંચે જઇએ તેમ ટૅમ્પરેચર ઓછું થતું જાય છે, પરંતુ એપલટન નામના વૈજ્ઞાનિકના છેલ્લા મત પ્રમાણે ઘણી ઊંચાઇએ હવાનું ટૅમ્પરેચર પાછું વધે છે અને એક એવો હવાનો થર આવે છે કે જે પૃથ્વીની સપાટીથી પણ ઘણો વધારે ગરમ છે. હવામાનમાં જેમ ઊંચે જઇએ તેમ પ્રકાશનું અરિભવન (scattering) ઓછું થતું જાય છે, એટલે સાઠ માઇલ ઊંચે જઇએ તો સૂર્યથી આવતો પ્રકાશ સીધો (વિખરાયા વિના) આવતો હોવાથી આખું આકાશ બિલકુલ કાળું દેખાશે અને સૂર્ય કાળા ઘુમ્મટમાં એક પીળા ધગધગતા અંગારા જેવો દેખાશે. પૃથ્વી ઉપર આવતો સૂર્યનો પ્રકાશ હંમેશા અરિભવન થઇને આવે છે, એટલે જ આકાશ ભુરૂં લાગે છે. ઉદય અને અસ્ત થતા સૂર્યની ફરતે હવામાનનો રંગ હંમેશાં રાતો હોય છે, એનું કારણ પણ સૂર્યના પ્રકાશનું અરિભવન જ છે.

જગતનું સૌથી ઊંચામાં ઊંચું શિખર

૧૫. ઍવરેસ્ટ એવરેસ્ટ હિમાલયની મધ્યમાં ૨૯૦૦૦ ફૂટની ઊંચાઇએ આવેલું છે. માત્ર ઉનાળાના એકાદ માસ સિવાય એના ઉપર સદા હિમ પડેલું રહે છે. એના ઉપર હિંદુસ્તાનથી સીધો પહોંચવાનો માર્ગ નથી એટલે નેપાલ અને ટિબેટને રસ્તે એની નજીક પહોંચી શકાય છે. એની ઉપર ચઢવાને છ પ્રયત્નો થયા છે, પરંતુ શિખર ઉપર પહોંચવાને હજી કોઇપણ શક્તિમાન થયું નથી. છેલ્લો કાફલો ૧૯૩૮ માં ગયો હતો, પરંતુ તેમાં પણ તેમને નિષ્ફળતા મળી હતી.

૧૯૩૩ ના એપ્રિલની ત્રીજી તારીખે માત્ર વિમાન વડે એના શિખરથી લગભગ ૨૦૦ ફૂટ ઊંચે ઊડી હાઉસ્ટન ઍક્સ્પીડીશનના વિમાનીઓ એનું વિહંગદૃષ્ટિએ અવલોકન કરી શકયા હતા. એ વિમાનની અંદર બનાવટી ઑક્સિજન, અને વિમાનીનો પોષાક પણ વિદ્યુતથી ઉષ્ણ રહે એવી વ્યવસ્થા રાખવામાં આવી હતી. વિમાને ૩૧૦૦૦ ફૂટ ઊંચે ઊડીને શિખરની ત્રણ પ્રદક્ષિણા કરી હતી.

પગે ચાલીને ઊંચે ચઢવાનો સૌથી પ્રથમ પ્રયાસ ૧૯૨૧ ના કાફલાએ કર્યો. દાર્જીલીંગથી નીકળી એક માસ પછી ટિબેટને રસ્તે ઍવરેસ્ટથી ૪૫ માઇલ દૂર કેમ્પ નાંખ્યો અને ત્યાંના પ્રદેશનું અવલોકન કર્યું. પરંતુ ચોમાસું આવી રહેવાથી ઉપર ચઢવાનું કાર્ય મુલ્તવી રહ્યું. રોંગબક હિમપ્રવાહ (glacier) ઓળંગી એવરેસ્ટની નજીકના ચાંગલા નામના શિખર સુધી જવાનો સરળ રસ્તો શોધી કાઢયો. આ વખતે માત્ર એટલોજ નિશ્ચય થયો કે પર્વત ઉપર ચઢવા મે માસની આખર વધુ સારી છે. ત્યાર પછી લગભગ તુરત જ ચોમાસું બેસી જાય છે.

૧૯૨૨ માં વળી પાછો પ્રયત્ન કરવામાં આવ્યો અને એ વખતે ઉપર ચઢનારા માટે ઑકસિજન ઉપયોગ કરવો ફાયદાકારક છે કે કેમ તેનો પ્રયોગ કરવામાં આવ્યો. એ વખતે એમ માલૂમ પડયું કે લાંબે રસ્તે જવાથી ઉપર ચઢનારા પાતળાં હવામાનમાં રહેવાને ટેવાઇ જાય છે. આ મંડળી એ ૨૩૦૦૦ ફૂટ ઊંચાઇએ ચાંગલા ઉપર એક કેમ્પ નાંખ્યો અને એને ચોથો કૅમ્પ કહ્યો. હવે જો ઍવરેસ્ટના ઇશાન ખૂણે એક ૨૭૦૦૦ ફૂટ ઊંચે આવેલા શિખર ઉપર કૅમ્પ નંખાય તો ઍવરેસ્ટના શિખર ઉપર એકે દિવસે જઇ પાછા ઊતરી ત્યાં આશ્રય લેવાય એમ લાગ્યું. બ્રુસ અને તેજવીર નામનો ગુરખા સરદાર ઑક્સિજનની મદદથી ૨૭૨૩૫ ફૂટ ઊંચે જઇ આવ્યા પરંતુ કૅમ્પ નંખાયો નહિ. ચોમાસું આવવાથી આ વખતે પણ પાછું વળવું પડયું. આ પ્રયત્નમાં ૨૭૨૩૫ ફૂટની સૌથી વધુ ઊંચાઇનો રેકોર્ડ થયો અને ઑક્સિજનના ઉપયોગ વિષે માહિતિ મેળવી.

૧૯૨૪ માં કર્નલ નાર્ટનની સરદારી હેઠળ વળી પાછો પ્રયત્ન કરવામાં આવ્યો. દાર્જીલીંગથી ૨૫ મી માર્ચે નીકળી ૨૯ મી એપ્રીલે રોંગબક હિમપ્રવાહ આગળ પહોંચ્યા. ચઢાઇ સફળતાપૂર્વક કરી શકાય એટલા માટે ૨૫૫૦૦, ૨૬૫૦૦, અને ૨૭૨૦૦ ફૂટ ઊંચાઇએ અનુક્રમે પાંચમી, છઠ્ઠી અને સાતમી કૅમ્પ નાંખવી પડે એમ હતું. નૉર્ટન અને સોમરવેલ નામના સાહસિકોએ છઠ્ઠી કૅમ્પ ૨૬૦૦૦ ફૂટ ઊંચાઇએ નાંખી. આ જગ્યાએ બન્નેને ખૂબ ખાંસી થઈ આવી અને એક ડગલું ઊંચે ચઢતાં સાત આઠ શ્વાસ લેવા પડતા હતા. એ લોકો ૨૮૦૦ ફૂટ ઊંચે જેમ તેમ પહોંચ્યા, અને ત્યાંથી નૉર્ટન એકલો આગળ વધી ૨૮૧૨૮ ફૂટ ઊંચે જઇ હવાની અછતથી પાછો

વળ્યો. ત્યાર પછી મૅલૉરી અને ઇર્વીંગે હિંમત કરી ફરીથી પ્રયત્ન કરવા કૅમ્પ ૬ માં જઇ રહ્યા. એાડેલે પાંચમી કૅમ્પ-માંથી બીજે દિવસે સવારે ૧૨–૫૦ વાગે એમને જોયા, અને ત્યાર પછી એમનું શું થયું એ ખબર ન પડી. એમને શેાધવાના સર્વ પ્રયત્નેા નિષ્ફળ ગયા અને ચેામાસું બેસવાથી સર્વને નિરાશ બની પાછું વળવું પડ .

૧૯૩૩ ના હ્યુજ રટ્લેજ ઍક્ષ્પિડિશને વળી પાછી ચઢાઇ કરી. મેની ૨૨ મી તારીખે પાંચ યુરેાપિયન અને ૨૦ પેાર્ટર સાથે ૨૫૭૦૦ ફૂટે પાંચમી કૅમ્પ નાંખી. મેની ૧૯ મીએ હેરીસ, વેજન અને લૅાગલેન્ડ તંબુ અને સાધન લઇ ૨૭૪૦૦ ફૂટ ઊંચે ગયા અને છઠ્ઠી કૅમ્પ નાંખી. ત્યાંથી ઊંચે જતાં એમને એક કેાદાળી મળી અને તે ગૂમ થયેલા મૅલેારી અને ઇર્વીંગની હશે એમ માનવામાં આવે છે. કૅમ્પ ૬ માં પહેાંચી એ લેાકેા ઍવરેસ્ટના શિખર ઉપર ચઢવાને પ્રયત્ન કરે તે પહેલાં જલદી ચેામાસું બેસી ગયું અને એમને નિષ્ફળ થઇ પાછું ફરવું પડયું.

૧૯૩૬ માં પાંચમેા પ્રયત્ન કરવા એક કાફલાએ હ્યુજ રટ્લેજની સરદારી નીચે નેપાળ અને ટિબેટને માર્ગે ઍવરેસ્ટ તરફ પ્રયાણ કર્યું હતું એમાંના નવ જણા ઍવરેસ્ટ ઉપર ચઢવાની માહિતિવાળા હતા. બને એટલી કાળજી કરી અને આગળના અનુભવેાનેા લાભ લઇ એ લેાકેા સફળતા મેળવવાની આશા રાખતા હતા. પરંતુ શિખરની નજીક ધીમેધીમે પહેાંચ્યા એટલામાં ચેામાસું શરૂ થઈ ગયું અને ફરીથી એ ચઢાઇ નિષ્ફળ નિવડી.

સાર

૧. હવાને વજન છે અને તેથી હવા દબાણ કરે છે, હવાનું દબાણ દરેક વસ્તુની ખૂલ્લી સપાટી ઉપર લાગે છે. નળીને પ્રવાહીમાં ડુબાવી અંદરથી હવા શોષીએ તો તેમાં પ્રવાહી ઊંચે ચઢે છે. બહારની હવાનું દબાણ વધુ છે અને નળીમાંનું દબાણ ઓછું થાય છે એટલે પ્રવાહી તેમાં ઊંચે ચઢે છે.

૨. વાતાવરણ પૃથ્વીના સપાટીથી લગભગ ૫૦૦ માઇલ ઊંચે સુધી વિસ્તરેલું છે. વાતાવરણનાં દબાણનો ખ્યાલ અનેક પ્રયોગોથી આવી શકે છે. એ પ્રયોગો ફકરા (૪, अ–इ) માં બતાવ્યા છે.

૩. વાતાવરણના દબાણનું માપ પ્રથમ ટૉરિસેલિએ કાઢયું હતું. આશરે ૮૦ ઇંચ લાંબી નળીને પૂરેપૂરી પારાથી ભરી ખૂલ્લા છેડાને પારાથી વાડકામાં અંગુઠો દાબી ડુબાવો. અંગુઠો લઇ લેતાં નળીમાંનો પારો આશરે ૭૬ સેન્ટિમિટર જેટલી ઊંચાઇએ રહેશે. એટલી ઊંચાઇના પારાના સ્તંભનું જેટલું દબાણ થાય તેટલું વાતાવરણનું દબાણ છે.

૪. વાતાવરણના દબાણમાં વધઘટ થાય છે. ઊંચે જઇએ તેમ પણ દબાણ ઓછું થાય છે. એ વધઘટ માપવા બૅરોમિટર (વાયુભાર-માપક) વપરાય છે. બૅરોમિટર વડે વાતાવરણના દબાણની વધઘટ તેમજ પર્વતોની ઊંચાઇ માપી શકાય છે. બૅરોમિટર મુખ્યત્વે બે જાતના હોય છે. પારાનું અને ઍનેરૉઇડ (પ્રવાહી વગરનું). આપમેળે નોંધ થાય તેવાં વાયુભારમાપકને બૅરોગ્રાફ કહેવામાં આવે છે.

૫. વાતાવરમાં ઊંચે જઇએ તેમ ટેમ્પરેચર ઓછું થાય છે અને દબાણ પણ ઓછું થાય છે. ઘણે ઊંચે જતાં દબાણ અતિશય ઓછું થઇ જાય છે અને વાતાવરણમાં માત્ર હલકા વાયુ પ્રસરી રહે છે. હિમાલયમાં આવેલું એવરેસ્ટ શિખર ૨૯૦૦૦ ફૂટ ઊંચું હોવાથી વાતાવરણના ફેરફારો વગેરેની શોધ કરવા ૭ ચઢાઇ થઇ હતી. હજી સુધી ૨૭૨૩૫ ફૂટ સુધીજ એના ઉપર ચઢી શકાયું છે.

પ્રકરણ ૬

હવાનું દબાણ અને પંપો

૧. અવકાશ Vacuum

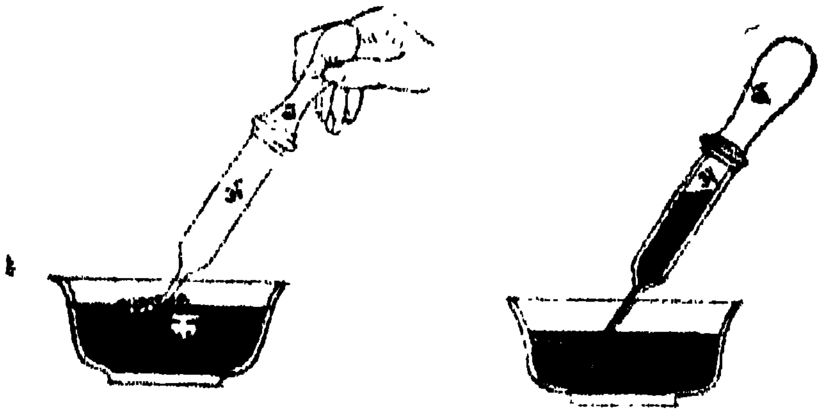
ગૅલિલિયો અને ટૉરિસિલિના સમય સુધી હમેશાં એમ મનાતું હતું કે કુદરતની અંદર શૂન્યાવકાશને સ્થાન નથી. દરેક અવકાશનો ભાગ દ્રવ્યથી ભરેલો હોવો જોઇએ. પરંતુ જ્યારે ગૅલિલિયોના પંપ વડે ૩૪ ફૂટથી ઊંચે અવકાશમાં પાણી ચઢી ન શકયું ત્યારે આ સિદ્ધાંતની જગ્યાએ નવું કારણ શોધવાની જરૂર પડી. કેટલાક જુના મતવાદીને ગૅલિલિયો કહેતો કે "તમારૂં કુદરત શૂન્યાવકાશને માત્ર ૩૪ ફૂટ ઊંચે સુધીજ ધીક્કારે છે." પંપથી પાણી વધુ ઊંચે ન ચઢવાનું કારણ ટૉરિસિલિએ શોધી કાઢયું તે પહેલાં જાણે અજાણે હવાના દબાણનો ઉપયોગ સફળતાથી થઇ રહ્યો હતો. પાણીના પંપના કાર્યનો આધાર હવાના દબાણ ઉપર હોવા છતાં એ વિષે લોકો અજ્ઞાન હતા. જ્યારે ૩૪ ફૂટથી વધુ ઊંચે પાણી ન ચઢી શકે એમ ખબર પડી ત્યારેજ ખરાં કારણ શોધવાની અને એ પંપમાં સુધારો કરવાની જરૂર પડી.

૨. સાહી નળી (Ink-filler) અને પિચકારી (syringe)

હવાના દબાણથીજ સાહીનળીમાં સાહી દાખલ થાય છે. આકૃતિ (૫૧ '૧,૨') માં સાહીનળીમાં પ્રવાહી કેમ ઊંચે ચઢે છે તે બતાવ્યું છે. નળી (अ) ને છેડે રબરની ટોપી (ब) જોડેલી છે. એને દબાવતાં અંદરની હવા પ્રવાહી (क) માં થઇને બહાર નીકળી જાય છે. જ્યારે એ ટોપીને છોડી દેવામાં આવે છે ત્યારે રબરની ટોપી ખૂલ્લી થવા પ્રયત્ન

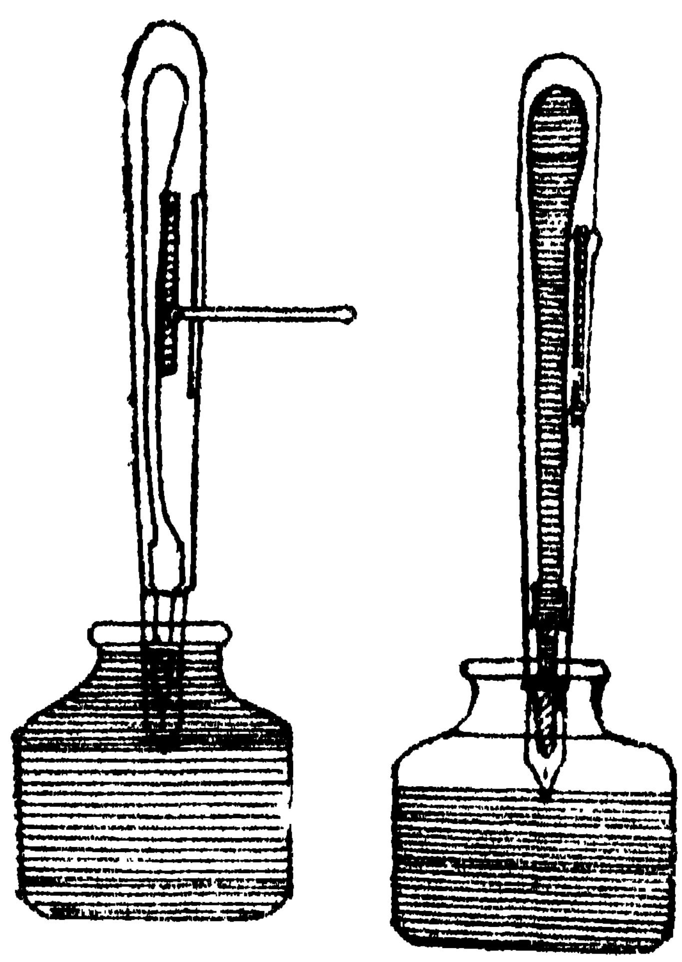
કરે છે, એટલે અંદરની હવા બધે વિસ્તાર પામતાં અંદરની હવાનું દબાણ ઓછું થાય છે; અને પ્રવાહીની સપાટી ઉપરની હવાનું દબાણ વધુ હોવાથી પ્રવાહીને સાહીનળીમાં હડસેલે છે. આકૃતિ (૫૧ '૨') માં બહારની હવાનું દબાણ નળીના અંદરના પ્રવાહીના અને હવાના દબાણની સમતોલ થાય છે. આજ નિયમને આધારે આપમેળે ભરાતી ઇન્ડીપેન (fountain pen) માં સાહી ભરાય છે. ઇન્ડીપેનના ખોખાંની બાજુમાં જડેલી સળી (clip) ઊંચી કરતાં ખોખાંની અંદર રહેલી રબરની નળી દબાઇ જાય છે (આકૃતિ ૫૨ '૧') અને અંદરની હવા બહાર ચાલી જાય છે. જ્યારે એ સળી (clip) ને પાછી નીચે પાડવામાં આવે છે ત્યારે બહારની હવાના દબાણથી સાહી એમાં ચઢે છે (આકૃતિ ૫૨ '૨').

આકૃતિ ૫૧



(૧) (૨)

આકૃતિ ૫૨

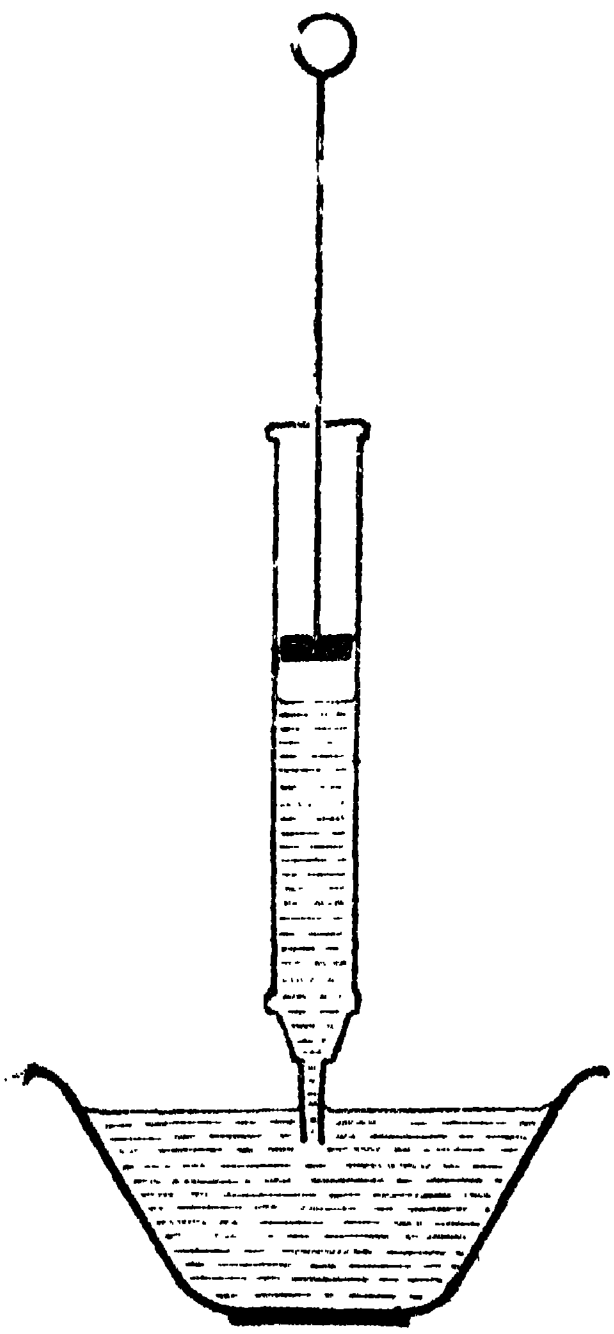


(૧) (૨)

આજ નિયમ અનુસાર પિચકારીમાંનું પાણી પણ ઊંચે ચઢે છે. પિચકારીની અંદર હવાનું દબાણ ઓછું કરવા નળીની અંદર જોર કરી સરકાવી શકાય એવો એક પિસ્ટન (piston) રાખવામાં આવે છે. આકૃતિ (૫૩) માં બતાવ્યા મુજબ પિસ્ટનને નળીમાં ઊંચે ખેંચવામાં આવે તેથી અંદરની હવા વિસ્તાર પામે છે અને દબાણ ઓછું થઇ જાય છે અને બહારની

હવાના વધુ દબાણુથી પાણી ઊંચે ચઢે છે. હવે પિચકારીને પાણીની બહાર કાઢવામાં આવે તો પણ અંદરનું પાણી બહાર નીકળી શકતું નથી, કારણ કે એનું મોંઢિયું સાંકડું હોવાથી, અને પાણી તેમજ હવા સામસામા દબાણ કરતાં હોવાથી બન્ને એક બીજાને સમતોલે છે. નળીનું મુખ જો પહોળું હોય તો એક બાજુથી પાણી બહાર નીકળે અને બીજી બાજુ હવાને ઉપર જવાનો માર્ગ મળે છે; પરંતુ સાંકડાં મોઢિયાંને લીધે નળીમાં એ માર્ગો મળી શકતા નથી. જ્યારે પિસ્ટનને પાછો નીચે દબાવવામાં આવે છે ત્યારે જ પાણી અંદરથી બહાર નીકળે છે.

આકૃતિ ૫૩



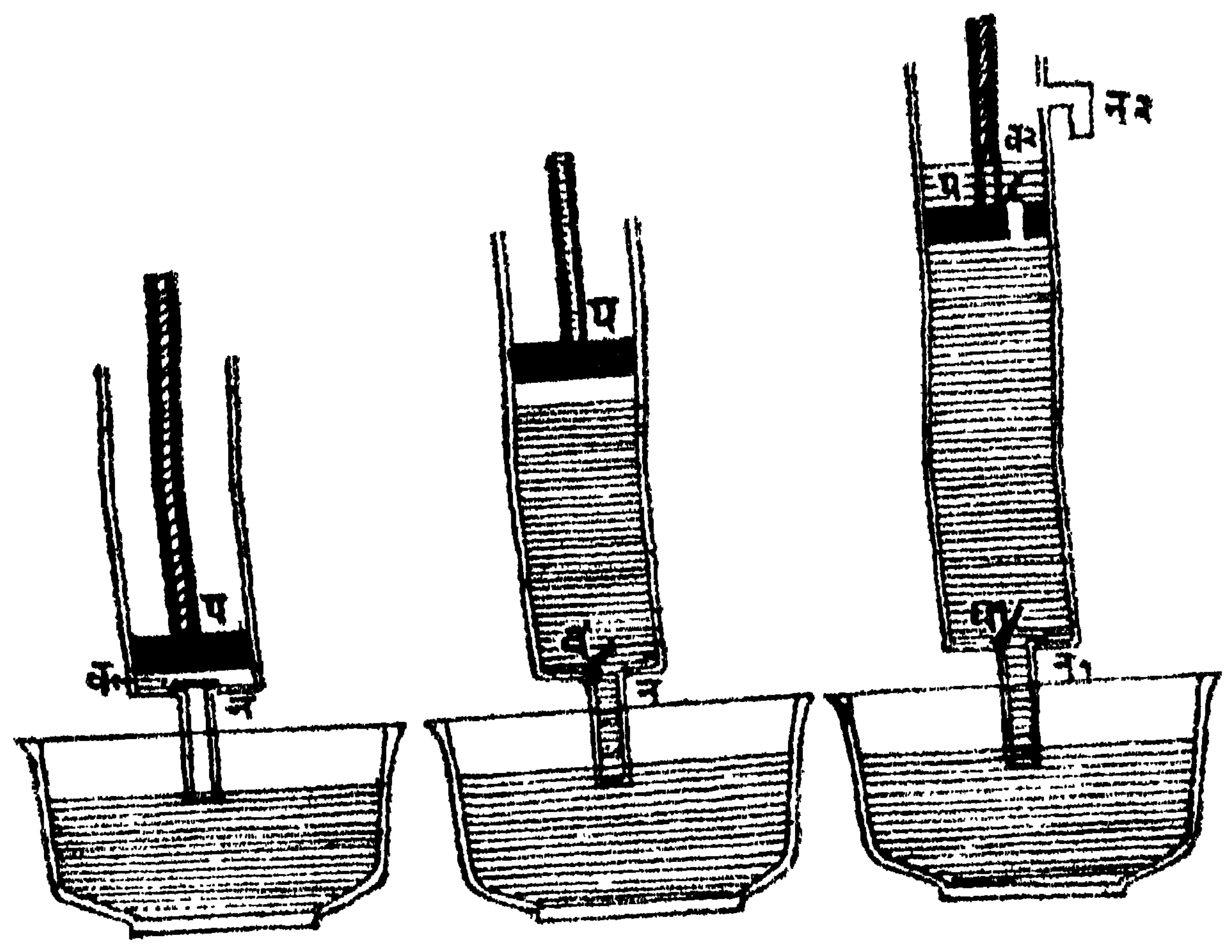
પિચકારી

૩. વાલ્વ (Valve) પિસ્ટન (Piston) અને કેરોસિન પંપ

ઉપરનાં સર્વ પ્રકારનાં સાધનો વડે હવાના દબાણનો ઉપયોગ કરી પ્રવાહીને ઊંચે ચઢાવી શકાય છે. એ સાધનોનો ઉપયોગ કેરોસિન પંપમાં અથવા પાણી કાઢવાના પંપમાં (આકૃતિ ૫૪'૩') કેવી રીતે થાય છે તે હવે સમજાશે. આ બન્ને સાધનમાં પિસ્ટન (piston) અને વાલ્વ (valve) નો ઉપયોગ થાય છે. પિસ્ટન એટલે એક નળીમાં ચુસ્ત રીતે સરી શકે એવું સાધન. એની વચ્ચે અને નળીની બાજુએથી હવા સરી જતી નથી, એટલે કોઈપણ સાધનમાં હવાને સંકોચવી હોય, અથવા

હવાને વિસ્તારી દબાણ ઓછું કરવું હોય તો પિસ્ટન વાપરવો પડે છે. આકૃતિ (૫૩) માં સાદી પીચકારી બતાવી છે. એમાં પિસ્ટનને ઊંચે ખેંચતાં પાણી ઊંચે ચઢે છે, પરંતુ પિસ્ટનને નીચે દબાવતાં એ પાણી પાછું બહાર નીકળી જાય છે. આકૃતિ

આકૃતિ ૫૪



(૧) (૨) (૩)

(૫૪ '૧')માં પિચકારીની અંદર ઊઘડે એવો એક વાલ્વ વ રાખવામાં આવેલો છે. પિસ્ટન પ ને ઊંચે ખેંચતાં પાણી પિચકારીમાં દાખલ થાય છે પરંતુ ફરીથી દબાવીએ તો પાણી નીચે નીકળી શકતું નથી, કારણ કે એમ કરતાં ઉપરના દબાણથી વાલ્વ વ બંધ થઇ જાય છે આકૃતિ (૫૪, '૨').

વાલ્વ વ એકજ બાજુ ઊઘડે છે. જે સાધનો હવા અથવા પાણીને એક બાજુએ જવાનો માર્ગ આપે છે પરંતુ ઊલટી દિશામાં જવાનો માર્ગ આપતાં નથી તેને વાલ્વ (valve) કહેવામાં આવે છે. આ વાલ્વનો ઉપયોગ પંપમાં આકૃતિ (૫૪ '૩')માં બતાવ્યા પ્રમાણે કરવામાં આવે છે. એમાં બે વાલ્વ રાખવામાં આવ્યા છે. $વ_1$ નળી $ન_1$ સાથે જોડેલો છે.

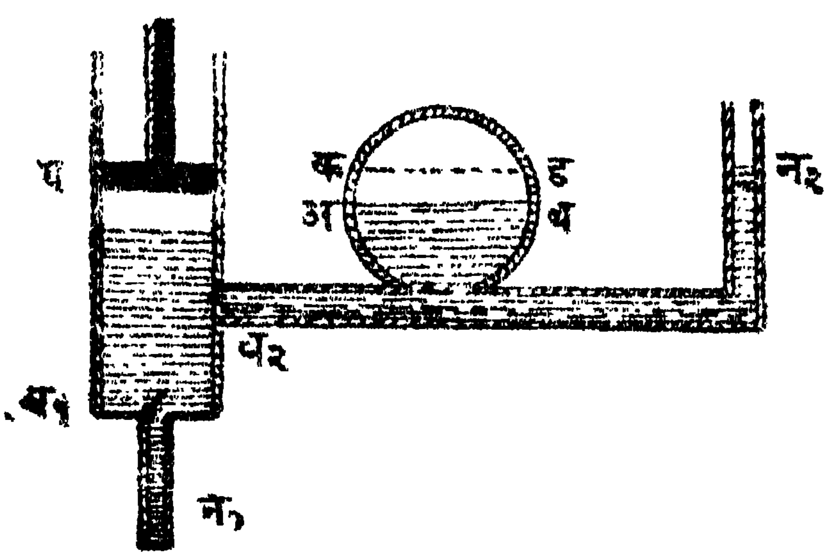
બીજો એક વધારાનો વાલ્વ $વ_2$ પિસ્ટનમાં રાખવામાં આવ્યો છે. એનું કાર્ય (action) નીચે પ્રમાણે છે. પાણીનો પંપ અથવા કેરોસિન કાઢવાના પંપનું કાર્ય પણ બરાબર એજ પ્રમાણે ચાલે છે. બન્ને વાલ્વ $વ_1$ અને $વ_2$ ઉપલી દિશામાં ખૂલે છે પરંતુ નીચેની બાજુએ ખૂલતા નથી એટલે એ વાલ્વની ઉપલી બાજુ કરતાં નીચેની બાજુ ઉપર વધુ દબાણ થાય ત્યારે ઊઘડે છે અને ઉપલી બાજુનું દબાણ વધુ થાય ત્યારે બંધ થાય છે.

પિસ્ટન પ ને વાલ્વ $વ_1$ ની નજીકથી ઊંચે ખેંચવામાં આવે ત્યારે એ વાલ્વ ઉપરની હવાનું દબાણ ઓછું થાય છે. આથી એ ખૂલ્લો થઇને $ન_1$ નળીમાં આવતાં પાણીને ઉપર ચઢવા માર્ગ આપે છે. એ દરમિયાન વાલ્વ $વ_2$ ની ઉપરની હવાનું દબાણ નીચેના દબાણ કરતાં વધુ હોવાથી બંધ થઇ જાય છે. આ રીતે પંપમાં પ્રથમ પાણી દાખલ થાય છે. પિસ્ટનને નીચે દબાવવામાં આવે છે ત્યારે વાલ્વ $વ_1$ ની ઉપર વધુ દબાણ થવાથી બંધ થઇ જાય છે. વાલ્વ $વ_2$ ની નીચેનું દબાણ ઉપરની હવાના દબાણથી વધુ થવાથી તે ખૂલ્લો થાય છે, અને પંપમાંનું પાણી પિસ્ટનની ઉપર ચઢે છે. જ્યારે પિસ્ટન ફરીથી ઊંચે ખેંચવામાં આવે છે, ત્યારે પંપમાં પહેલાં આવેલું પાણી $ન_2$ નળી વાટે બહાર નીકળે છે અને પહેલાંની પેઠે નળી $ન_1$ વાટે બીજું પાણી પંપમાં દાખલ થાય છે. આમ વારંવાર પિસ્ટનને ઉપર નીચે લઇ જવાથી પાણીનો ચાલુ પ્રવાહ શરૂ થાય છે અને નીચેનું પાણી ઊંચે ચઢે છે. કૂવામાંથી પાણી કાઢવું હોય તો $ન_1$ નળી લાંબી રાખી પાણીની સપાટીની નીચે સુધી લઇ જવી. આગળ કહ્યું છે તેમ ૩૪ ફૂટથી વધુ ઊંચે પાણી ચઢતું નથી કારણ કે બહારની હવાનું દબાણ અને $ન_1$ નળીની અંદરના પાણીનું દબાણ એકબીજાંની

સરખું થતાં પંપમાં પિસ્ટન વડે શૂન્યાવકાશ (vacuum) કરવામાં આવે તો પણ પાણી વધુ ઊંચે ચઢશે નહિ.

૪. દાબ-પંપ (Force-pump) ૩૪ ફૂટ કે તેથી વધારે ઊંચે પાણી ચઢાવવા માટે દાબ-પંપ વાપરવો પડે છે. એમાં પંપનો પિસ્ટન પાણીની સપાટી નજીક રાખવામાં આવે છે અને પંપમાં દાખલ થયેલું પાણી પિસ્ટનના દબાણથી ઊંચે હડસેલવામાં આવે છે. વ$_1$ અને વ$_2$ વાલ્વ છે, પ પિસ્ટન અને ન$_1$ અને ન$_2$ પાણીને અંદર અને બહાર લઇ જતી નળીઓ છે. બાજુમાં હવાથી ભરેલો બંધ ગોળો છે.

આકૃતિ ૫૫



દાબ પંપ

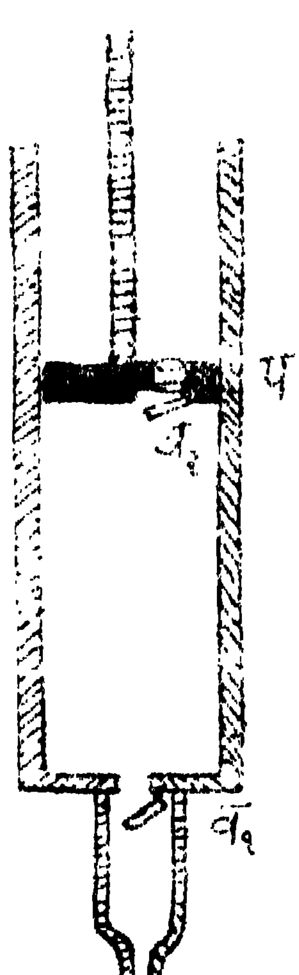
પિસ્ટનને ઊંચે ખેંચવામાં આવે ત્યારે વ$_1$ ખૂલ્લો થાય છે અને પાણી ઊંચે ચઢે છે, અને વ$_2$ બંધ થાય છે. પિસ્ટનને નીચે દબાવવામાં આવે ત્યારે વ$_1$ બંધ થાય છે, અને પંપમાં આવેલું પાણી પિસ્ટનના દબાણથી વ$_2$ ને ખોલીને ન$_2$ નળીમાં ઊંચે ચઢે છે. આમ ન$_2$ નળીમાં ઊંચે ચઢતું પાણી હવાના દબાણ ઉપર આધાર રાખતું નથી, પરંતુ પ ના દબાણથી ઊંચે ચઢતું હોવાથી એ પંપને દાબપંપ (force-pump) કહેવામાં આવે છે. એની અંદર બતાવેલો હવાનો ગોળો પાણીને એક સરખી ગતિથી ન$_2$ માં વહેવામાં મદદ કરે છે. જ્યારે પિસ્ટન નીચે આવે ત્યારે એમાંની હવા વધુ દબાણથી સંકોચાય છે અને પાણી સપાટી अ ब થી क ह આગળ જાય છે. જ્યારે પિસ્ટન ઊંચે જાય છે ત્યારે વ$_2$ બંધ થાય છે,

અને પિસ્ટનનું દબાણ દૂર થતાં ગોળામાં રહેલી હવા વિસ્તાર પામે છે અને $न_2$ માં રહેલા પાણીને ઊંચે ચઢાવે છે. આવી રીતે પિસ્ટનની ઉપર નીચે બંને ગતિ વખતે $न_2$ માં પાણીનો પ્રવાહ સતત ચાલુ રહે છે. ઘણી ઊંચાઇએ પાણી ચઢાવવું હોય ત્યાં આવો પંપ વપરાય છે.

૫. વાતપૂરક પંપ (Air pump)

ઘણા સાધનોમાં હવાને દબાણ કરી પૂરવી પડે છે. દાખલા તરીકે બાઇસિકલની ટ્યુબમાં, મોટરના ટાયરની ટ્યુબમાં, ફૂટબોલમાં અથવા કેરોસિન સ્ટવમાં હવાને દબાણ કરીને પૂરવી પડે છે. કદની બાબતમાં વાયુનાં ગુણો ઘન અને પ્રવાહી પદાર્થથી જુદા પડે છે. હવા અથવા વાયુને હંમેશાં દબાણ કરવાથી ઘણાં સંકોચી શકાય છે. પાણીના પંપની અંદર વાલ્વ એવી રીતે મૂકવામાં આવ્યા છે કે તેથી હવાનું દબાણ ઓછું કરી હવાની જગ્યાએ પ્રવાહીને દાખલ કરવામાં આવે છે. આથી જો દબાણ કરી કોઇ પણ સાધનમાં હવાને ભરવી હોય અથવા વાપરવી હોય તો પાણીના પંપમાં વપરાયેલા વાલ્વથી ઉલટી દિશામાં ઊઘડતા વાલ્વ વાપરવા પડશે. આકૃતિ (૫૬) માં એવી જાતનો સાદો વાતપૂરક પંપ બતાવવામાં આવ્યો છે. પિસ્ટનને દબાવવામાં આવે છે ત્યારે અંદરની હવા સંકોચાઇને વધુ દબાણવાળી થાય છે, એટલે $व_1$ ખૂલે છે અને $व_2$ બંધ થાય છે અને નીચેની નળીદ્વારા જે સાધનમાં હવા પૂરવી હોય તેમાં પૂરાય છે. જ્યારે પિસ્ટનને પાછો ઊંચે ખેંચવામાં આવે છે ત્યારે પિસ્ટનની નીચેની હવાનું

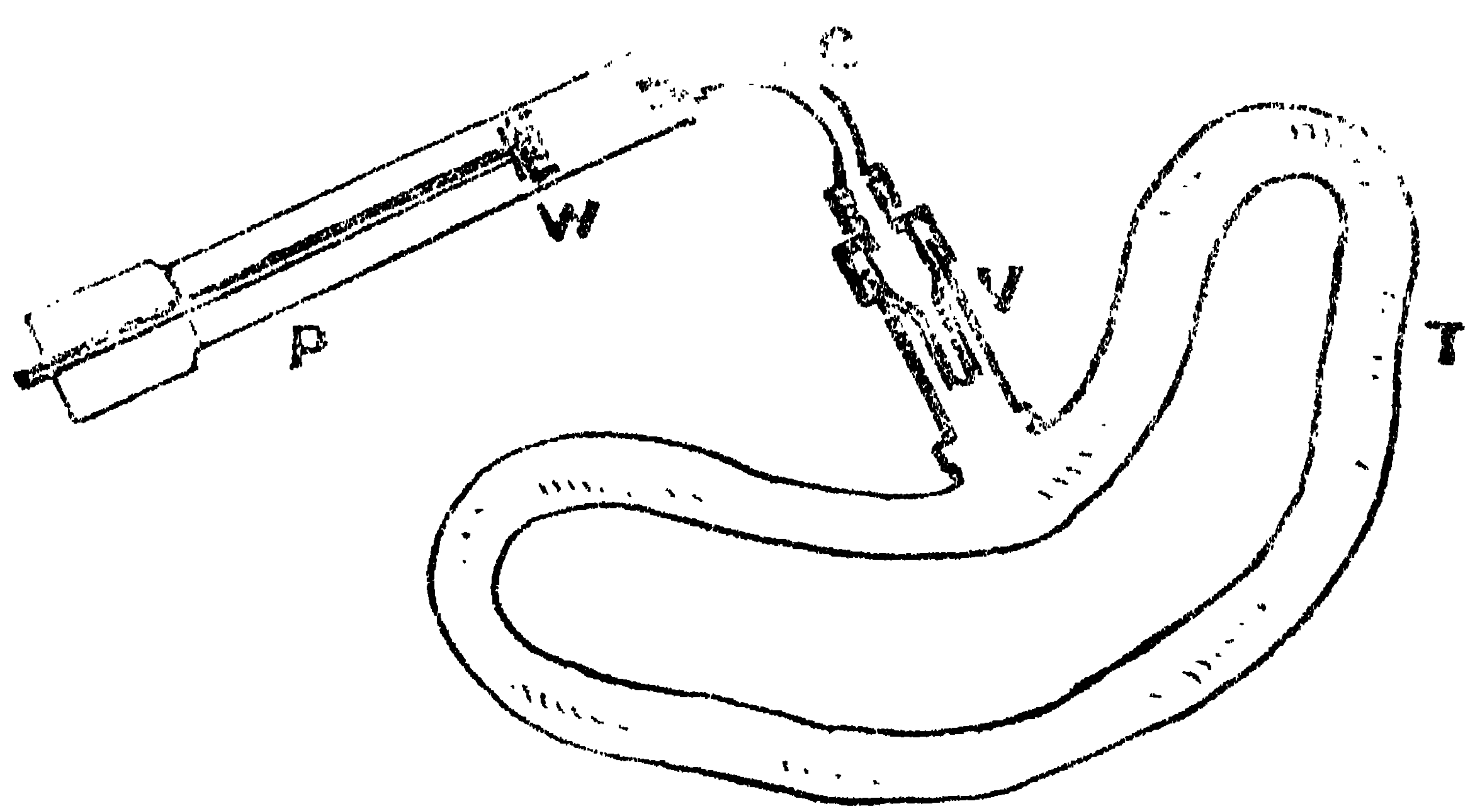
આકૃતિ ૫૬



વાતપૂરક પંપ.

દબાણ ઓછું થવાથી $વ_1$ બંધ થઇ જાય છે અને વાલ્વ $વ_2$ ઊઘડે છે અને બહારની હવા પંપમાં દાખલ થાય છે. આકૃતિ (૫૭) માં બાઇસિકલ પંપ અને સ્ટવમાં વપરાતો પંપ બતાવવામાં આવ્યો છે.એના પિસ્ટન P માં વાલ્વ હોતો નથી, અને જે ફૂટબોલ કે સાઇકલમાં હવા ભરવી હોય તેમાં એક વાલ્વ V રાખવામાં આવે છે. જેમાં હવા ભરવાની હોય તેનું ને પંપનું સંધાણ C જેવી નળીવાટે કરવામાં આવે છે. પિસ્ટન P માં ઘન

આકૃતિ ૫૭



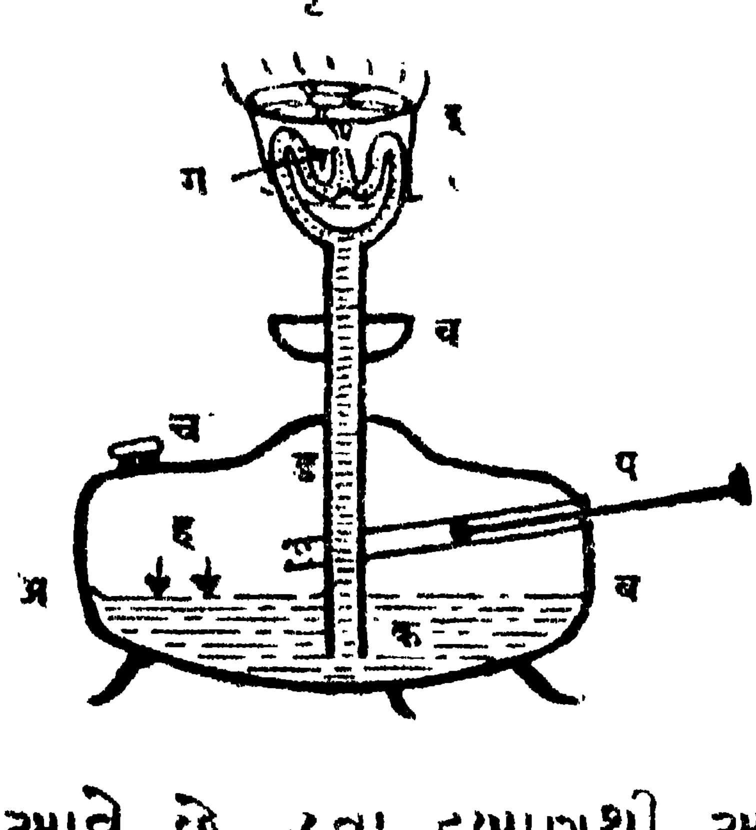
વસ્તુનો વાલ્વ ન મૂકતાં ચામડાંનો વૅાશર (washer ગામઠી ભાષામાં–વાઇસર) મૂકેલો છે. ચિત્રમાં જણાવ્યા પ્રમાણે જ્યારે P ને C તરફ હડસેલવામાં આવે, ત્યારે ચામડાંના વૅાશર W ઉપર હવાનું દબાણ થવાથી પંપની બાજુએ સખતાઇથી વળગી બિલકુલ હવાચુસ્ત (air-tight) બની આગળ સરે છે. આથી C તરફ જતાં પંપની હવાને બાઇસિકલ ટ્યુબમાં હડસેલે છે. જ્યારે પિસ્ટન પાછો ખેંચવામાં આવે ત્યારે ટ્યુબનો વાલ્વ V બંધ થઇ જાય છે અને તેથી પંપની નળીમાં રહેલી હવાનું દબાણ ઓછું થતાં

બહારની હવા વૉશરની બાજુમાં થઇને પંપમાં દાખલ થાય છે. જ્યારે પિસ્ટન પાછો C તરફ હડસેલાય છે ત્યારે એ વૉશરની બાજુ પંપની અંદરની સપાટી સાથે ચોંટી જાય છે અને પંપની હવાને ફરીથી આગળ હડસેલે છે. બાઇસિકલમાં અથવા ફૂટબોલમાં હવા પૂરવા માટે જે પંપ વપરાય છે તેમાં કોઇ પણ વાલ્વ હોતો નથી. ચામડાનું વૉશર એક વાલ્વની ગરજ સારે છે. જ્યારે બીજો વાલ્વ V આકૃતિ (૫૭)માં બતાવ્યા મુજબ ફૂટબોલનાં દડામાં અને સાઇકલની ટ્યુબમાં જ રાખવામાં આવે છે. આજ પ્રકારનો પંપ સ્ટવમાં અથવા કિટસન લાઇટની કેરોસિનની ટાંકીમાં હવા પૂરવા માટે વપરાય છે.

૬. કેરોસિન સ્ટવ

આકૃતિ (૫૮) માં બતાવેલા કેરોસિન સ્ટવના પંપ प વડે હવા દબાણથી નીચેની કેરોસિનની ટાંકીમાં પૂરવામાં

આકૃતિ ૫૮



प = પંપ
च = ચાવી અને કેરોસિન પૂરવાનું નાકું
अ ब = કેરોસિનની સપાટી
ह = દબાણથી પુરાયેલી હવા
कड = કેરોસિન ચઢવાની નળી
ग = ગરમ થઇ વાયુ રૂપે કેરોસિન નીકળવાનું નાકું
व = વાડકી

આવે છે. હવા દબાણથી અંદર પૂરાય તે પહેલાં ચાવી च બંધ કરવી પડે છે, નહિતર પૂરાતી હવા એ માર્ગે નીકળી જશે. જ્યારે સ્ટવ બંધ કરવો હોય ત્યારે એ ચાવી ખોલી નાંખવામાં આવે છે. અંદરની હવાના દબાણથી કેરોસીન कड

નળીદ્વારા ઊંચે ચઢે છે. વ વાટકીમાં થોડું કેરોસિન અથવા સ્પિરિટ નાંખી પ્રથમ વ થી ઇ સુધીની નળી ગરમ કરવામાં આવે છે. આથી ઊંચે જતું કેરોસિન ગરમ થઇને વાયુરૂપ બને છે, અને એ ગ આગળ બતાવેલા નાકામાંથી બહાર નીકળી સળગે છે. જો વ થી ઉપરની નળી બરાબર ગરમ થઇ ન હોય તો કેરોસિન ગરમ થઇ વાયુરૂપે થશે નહિ અને એથી પ્રવાહીરૂપે બળતાં ભડકો થઈ સળગશે. હવાનું દબાણ કાયમ રહે છે ત્યાં સુધી કેરોસિન ઊંચે ચઢે છે.

૭. હેરોનો ફુવારો

ઇ. સ. પૂર્વે ૧૨૦ માં અલેકઝાંન્ડ્રીઆમાં રહેતા હેરોએ હવાના સ્થિતિસ્થાપક-પણાનો ગુણનો ઉપયોગ કરી એક પુવારો બનાવ્યો હતો. તેને હેરોનો પુવારો કહેવામાં આવે છે. એ કાચના ગોળા ગ$_1$ અને ગ$_2$ અને ઉપરની તાસક એ એના મુખ્ય ભાગો છે. ઉપરની તાસક અને નીચેનો ગોળો ગ$_2$ નળી ન$_1$ દ્વારા જોડાયેલાં છે, અને ગ$_1$ અને ગ$_2$ ગોળા ન$_2$ નળીદ્વારા જોડાયેલાં છે. નળી ન$_1$ ગોળા ગ$_2$ ના તળીયાં સુધી પહોંચેલી છે અને ન$_2$ નળી ગોળાને ઉપલા ભાગને જોડે છે. ઉપરની તાસકમાંથી બહાર નીકળતી એક ત્રીજી પુવારાની નળી વચ્ચેના ગ$_1$ ગોળાની નીચે સુધી જાય છે. પ્રથમ પુવારાની નળી બહાર કાઢી ગ$_1$ ગોળામાં થોડું પાણી રેડવામાં આવે છે. અને પછી પુવારાની નળી મૂકયા પછી તાસકમાં થોડું પાણી રેડવામાં આવે છે. આ પાણી ન$_1$ નળીદ્વારા નીચેના ગોળા

આકૃતિ ૫૯

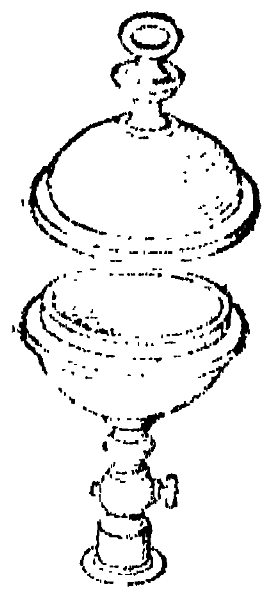


$ગ_2$ માં જાય છે અને તેમાંની હવાની ઉપર દબાણ કરી $ગ_1$ ગોળામાં $ન_2$ નળીદ્વારા હવાને હડસેલે છે. આ હવાના દબાણથી $ગ_1$ માંનું પાણી વચ્ચેની નળીદ્વારા ઊંચે ચઢે છે અને પુવારો ઊડે છે. આ પુવારો $ગ_1$ કે $ગ_2$ પૂર્ણ ભરાઇ રહે ત્યાં સુધી ચાલે છે.

૮. ફૉન ગ્રિક (Von Guerick) અને વાતાકર્ષક પંપ Vacuum pump

કેટલાંક સાધનોમાંથી હવાને કાઢી લેવી પડે છે અને તે માટે પણ વાલ્વનો ઉપયોગ કરી પંપ તૈયાર કરી શકાય છે. સૌથી પહેલો વાતાકર્ષક પંપ મૅગ્ડેબર્ગ શહેરના મેયર ફ્રોન ગ્રિકે તૈયાર કર્યો હતો. વાયુભારમાપક તૈયાર કરતાં તેને માલૂમ પડયું કે એ નળીના સૌથી ઉપરના ભાગમાં શૂન્યાવકાશ હોય છે; એટલે તેણે બંધ વાસણમાંથી હવા કાઢી લેવાનું યંત્ર શોધવાનું કાર્ય હાથમાં લીધું, અને તે સફળતાથી પાર પાડયું. વાતાકર્ષક પંપ વડે લોકો આશ્ચર્ય પામે તેવા પ્રયોગો તેણે કર્યા. પહેલા પ્રયોગમાં તેણે એક વાસણમાં એક મોટા પિસ્ટનને મૂકી નીચેની હવા કાઢી લીધી. પિસ્ટનને એક દોરડાંથી બાંધી ગરગડી ઉપરથી પસાર કરી. ચારપાંચ માણસોને ખેંચી રાખવાનું કહ્યું; પરંતુ જેમજેમ પિસ્ટનની નીચેની હવા ઓછી થતી ગઇ તેમ પિસ્ટન બહારની હવાના દબાણથી નીચે દબાતો ગયો અને માણસો તેને પકડી રાખી શકયા નહિ. પિસ્ટનના દોરડાંને એક ગરગડી ઉપરથી નીચે લટકાવેલું હોવાથી તેને બળપૂર્વક પકડી રહેલાં બધાં માણસો પોતે ઊંચકાઈ ગયા. એ વાસણમાં પાછી નીચેથી હવા દાખલ કરવામાં આવી કે તરત જ માણસો નીચે પડયાં. આવી રીતે તેણે એક સામટાં ચાર માણસોને ઊંચકી કાઢ્યાં હતા. બીજો ઐતિહાસિક

આકૃતિ ૬૦ પ્રયોગ પણ આશ્ચર્ય પમાડે તેવો હતો. તેણે તાંબાના બે મજબુત અર્ધગોળા (આકૃતિ ૬૦) લઇને હવા બહાર જઇ શકે નહિ તેમ એકબીજાની સાથે ચુસ્ત બેસાડી અંદરથી હવા કાઢી લીધી. એ બન્ને ગોળાને બન્ને બાજુ આઠ આઠ ઘોડા જોડી ખેંચવામાં આવ્યા, તો પણ તે છૂટા પડયા નહિ; કારણ કે એ ગોળા ઉપરની હવાના દબાણનું બળ સોળ ઘોડાના બળ કરતાં વધારે હતું. જ્યારે ગોળામાં હવા દાખલ કરવામાં આવી ત્યારે એ બન્ને ગોળા આપોઆપ છૂટા પડી ગયા. આ ગોળાને મૅગ્ડેબર્ગના અર્ધગોળા કહેવામાં આવે છે.

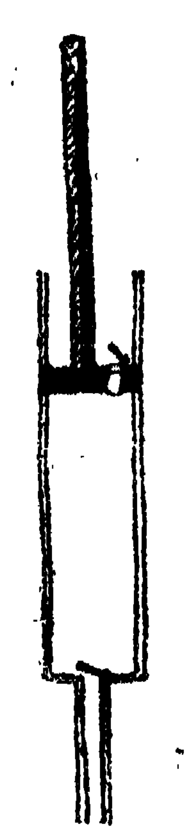


મૅગ્ડેબર્ગના ગોળા.

૯. વાતાકર્ષક પંપ
Vacuum pump

આકૃતિ (૬૧)માં વાતાકર્ષક પંપ બતાવ્યો છે. એ પંપ પાણી કાઢવાના પંપની પેઠે જ ચાલે છે. જે વાસણમાંથી હવા કાઢવી હોય તેની સાથે નીચેની નળીને જોડવામાં આવે છે. નળીની ઉપર અને પિસ્ટનમાં એમ બે વાલ્વ છે. પિસ્ટનને જ્યારે ઊંચે ખેંચવામાં આવે છે, ત્યારે નળી ઊપરનો વાલ્વ ઊઘાડી વાસણની હવા પંપમાં આવે છે, પરંતુ પિસ્ટનનો વાલ્વ બંધ થવાથી બહારની હવા અંદર દાખલ થઇ શકતી નથી. પિસ્ટનને નીચે દબાવવામાં આવે ત્યારે એ વાલ્વ બંધ થાય છે અને પંપની અંદરનું દબાણ વધે એટલે પિસ્ટનનો વાલ્વ ખૂલ્લો થાય છે અને પંપની હવાને બહાર જવાને માર્ગ આપે છે. આવા વાતાકર્ષક પંપ અનેક ઉદ્યોગોમાં કામ આવે છે. વિદ્યુતના દીવામાંથી

આકૃતિ ૬૧





મેગ્ડેબર્ગના અર્ધગોળાનો ફૉન ગ્યુરીકે કરેલો ઐતિહાસિક પ્રયોગ



'ગ્રાફ ઝેપલીન ઉર્ફે હિન્ડેનબર્ગ' હવાઇ જહાજ, ૧૯૩૭ના મે માસમાં અકસ્માત નડતાં બળીને તારાજ થયું તે.



દરિયામાં ડૂબકી મારનાર
મરજીવાનો પોષાક



પર્વતોના ઊંચા શિખરો ઉપર
ચઢનારા માણુસોનો પોષાક,
પીઠ ઉપર બનાવટી ઍક્સિજન
ગેસની બરણી સાથે.

હવા કાઢી લેવામાં, થર્મોસની શીશીમાંથી હવા કાઢી લેવામાં, વેક્યુમ બ્રેક (શૂન્યાવકાશ બ્રેકમાં), વેક્યુમ ક્લીનર (vacuum cleaner) શૂન્યવકાશ વડે કચરો કાઢનાર યંત્ર) વગેરે અનેક સાધનોમાં એ પંપનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

૧૦. વેક્યુમ બ્રેક (Vacuum brake) અને વેક્યુમ ક્લીનર (Vacuum cleaner)

વેક્યુમ બ્રેકમાં શૂન્યાવકાશનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. આગગાડી અથવા ટ્રામને વેક્યુમ વડે ઘણી જ સહેલાઇથી અટકાવી શકાય છે અને બહુ બળની જરૂર પડતી નથી. એક બંધ ભૂંગળીમાં પિસ્ટન રાખેલો હોય છે. તેની એક બાજુ શૂન્યાવકાશ રાખવાથી પિસ્ટન તે બાજુ ખેંચાયેલો રહે છે. ગાડીને અટકાવવી હોય ત્યારે એ બાજુએ હવા દાખલ કરવાથી પિસ્ટન પાછળ હડસેલાય છે. એ પિસ્ટન જોડે પૈંડાને ચુસ્ત થઇ જતી બ્રેક એક ઉચ્ચાલન વડે લગાડેલી હોય છે; એટલે પિસ્ટન જ્યારે ભૂંગળીમાં પાછો હઠે કે તુરત એ બ્રેક પૈંડા સાથે ચોંટી જઈ પૈંડાને ફરતાં બંધ કરી દે છે. વળી જ્યારે ગાડીને ચલાવવી હોય ત્યારે પિસ્ટન રહે એ ભૂંગળીનું બીજા શૂન્યાવકાશવાળાં વાસણ સાથે જોડાણ કરવામાં આવે છે, એટલે પિસ્ટન પાછો અસલ સ્થિતિએ ખેંચાય જાય છે અને પૈડાંને લાગેલી બ્રેક છૂટી પડે છે.

ઘરની અંદરથી બારીક ધૂળ વગેરે કચરાને સાધારણ સાધનો વડે સાફ કરી શકાતો ન હોય તેને વેક્યુમ ક્લીનર વડે સાફ કરવામાં આવે છે. એ સાધનમાં ખરી રીતે વેક્યુમ (શૂન્યાવકાશ) જેવું કંઇ નથી. એમાં એક પંખો રાખવામાં આવે છે જે જમીન ઉપરની હવાને કચરા સાથે અંદર ખેંચે છે.

અંદર દાખલ થયેલી હવા એક કોથળીમાં થઇને બહાર નીકળે છે અને હવામાંનો કચરો એ કોથળીમાં જમા થઇ રહે છે.

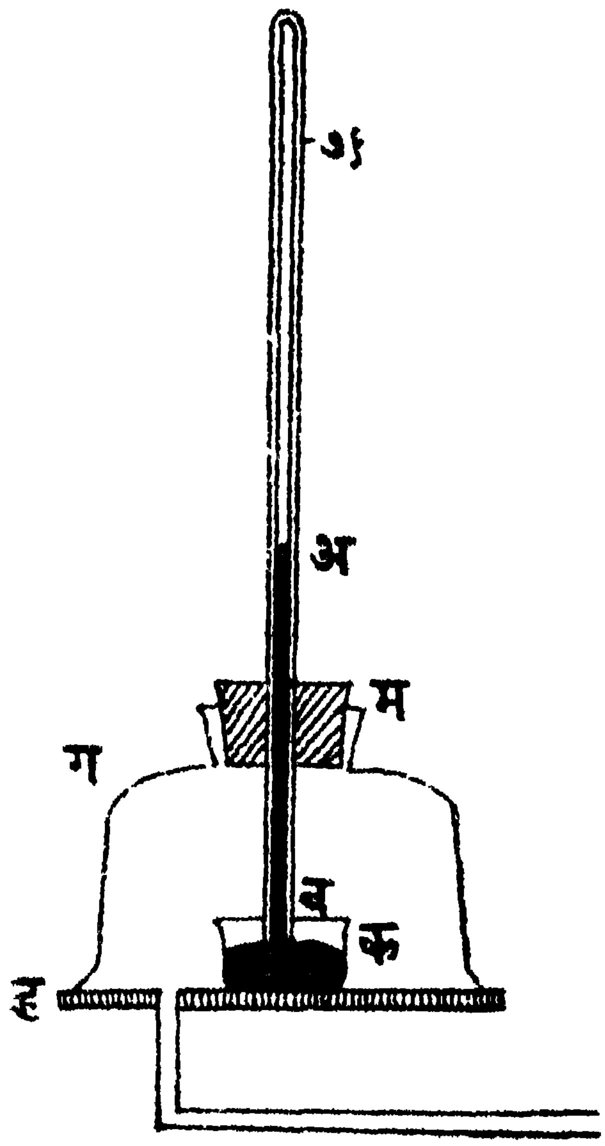
૧૧. વેકયુમ પોસ્ટ Vacuum Post

યુરોપ અને અમેરિકામાં મોટી દુકાનોમાં અનેક જાતની ચીજો વેચવાના મુખ્ય મથક ઉપર જુદીજુદી જગ્યાથી વસ્તુ મેળવવા માટે વારંવાર માણસો મોકલવા ન પડે એટલા માટે વેક્યુમ પોસ્ટનો ઉપયોગ થાય છે. એ રચનાથી જોઈતી વસ્તુ આપોઆપ મુખ્ય મથક ઉપર મોકલી શકાય છે, અને બીજે માર્ગે પ્રથમ જગ્યાએ પાછી રવાના કરી શકાય છે. દુકાનની દિવાલમાં મોટી નળીઓ રાખવામાં આવે છે. એ નળીમાં પિસ્ટનની પેઠે બરાબર બંધ બેસતી ગાડીઓ ઉપર મંગાવેલી ચીજ મૂકવામાં આવે છે. નળીમાંની હવા હમેશાં મુખ્ય મથક તરફ ખૂબ બળથી એક મોટા પંપ વડે ખેંચવામાં આવે છે. આથી એક બાજુએ વધુ દબાણ થવાથી અને બીજી બાજુ શૂન્યાવકાશ થવાથી ગાડી ખેંચાઈ જાય છે. આવી જાતની બીજી નળીદ્વારા જે ચીજ ન વેચાય તે પાછી અસલના સ્થાને મોકલવામાં આવે છે.

૧૨. શૂન્યાવકાશમાં વાયુભારમાપક Barometer Vacuum.

આકૃતિ (૬૨)માં બતાવ્યા પ્રમાણે જો એક (क) વાડકીમાં રહેલીવાયુ ભારમાપક નળી (अ ब) ને એક કાચની બરણી (ग) માં (म) આગળ ચુસ્ત બેસાડી એ બરણીને એક હવાચુસ્ત થાળી (plate) (ह) ઉપર ઊંધી મૂકવામાં આવે તો વાયુભારમાપકનો પારો ૭૬ સેમિ.ની ઊંચાઇ બતાવશે. હવે જો એ થાળીમાંથી નીચે

આકૃતિ ૬૨



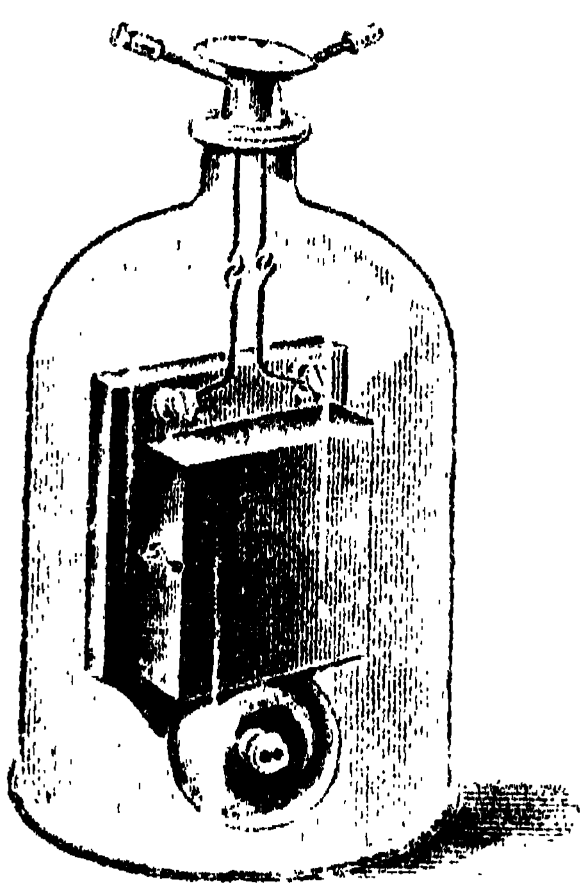
પસાર થતી નળીદ્વારા બરણી (ग) માંની થોડી હવા શોષવામાં આવે તો પારાની સપાટી નળીમાં ૭૬ સેમિ.થી નીચે अ સુધી ઊતરેલી માલૂમ પડશે. લાંબો વખત હવા શોષી શૂન્યાવકાશ કરવામાં આવે તો પારાની સપાટી લગભગ (ब) સુધી નીચે આવશે. આનું કારણ દેખીતું છે, क આગળની સપાટી ઉપર હવાનું દબાણ ઓછું થતું જાય છે, તેથી ઊંચાઈ ઓછી થતી જાય છે. જો બરણીમાં પાછી હવા દાખલ કરવામાં આવે તો પારાની સપાટી આપોઆપ નળીમાં ઊંચે ચઢશે.

૧૩. શૂન્યાવકાશની અસર
Effect of vacuum

જ્યાં દ્રવ્યનો અભાવ કે ગેરહાજરી હોય તે જગ્યા શૂન્યાવકાશ કહેવાય છે. આકૃતિ (૬૩) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક કાચના વાસણમાં એક વિદ્યુત-ઘંટડી રાખી અંદર શૂન્યાવકાશ કરવામાં આવે તો એ ઘંટડી સંભળાશે નહિ; પરંતુ હવા જો ધીમેધીમે દાખલ કરવામાં આવશે તો એ જરૂર સંભળાવા લાગશે. આ ઉપરથી લાગે છે શૂન્યાવકાશમાં અવાજ ઉત્પન્ન થતો નથી તેમજ પ્રસરતો પણ નથી.

જો શૂન્યાવકાશમાં પ્રવાહી રાખવામાં આવે તો તેની અંદર એ પ્રવાહીની અમુક હદ સુધી વાયુરૂપ થઇ જશે. આ કારણથી સાધારણ રીતે ૧૦૦ ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડે પાણી ઊકળતું

આકૃતિ ૬૩



હોય છે તે હવાનું દબાણ ઓછું કરતાં ઓછી ડિગ્રીએ ઊકળે છે. હવાનું દબાણ જેમ જેમ ઊંચે જઈએ તેમ ઓછું થતું જાય છે, એટલે ઊંચા પર્વત ઉપર પાણી ઓછી ઉષ્ણતાએ એટલે ૧૦૦ ડિગ્રીથી નીચે ઊકળવા માંડે છે અને તેથી પર્વત ઉપર બનાવેલી ચાહ સ્વાદમાં બહુ સારી લાગતી નથી. શૂન્યાવકાશમાં રાખેલી શાકભાજી ફળ, ચાહ, સિગરેટ વગેરે વસ્તુઓ દીર્ઘ સમય સુધી સારી રહે છે. આથી લોકો શૂન્યાવકાશવાળા ડબ્બામાં ભરેલી ખાવાની વસ્તુઓ વધુ પસંદ કરે છે. ખાસ કરીને શૂન્યાવકાશવાળા ડબ્બામાં ફળફળાદિ ભરીને કમોસમે વેચવાનો મોટો વેપાર ચાલે છે. થર્મોસની શીશીની કાચની બે દિવાલની વચ્ચેની હવા કાઢી લીધેલી હોય છે; કારણ કે હવાના અભાવથી ગરમીનું વહન બહુ જલદીથી થઇ જતું નથી. જો વચ્ચે હવા હોય તો તે ઉષ્ણ થઇ ગરમીને બહાર મોકલી દે. વાતાકર્ષક પંપ (vacuum pump) નો ઉદ્યોગમાં પણ કેટલો બધો ઉપયોગ થાય છે તે આ ઉપરથી સમજાય છે.

૧૪. સંકોચાયેલી હવાનો (Compressed air) ઉપયોગ

સંકોચાયેલી હવાનો ઉપયોગ હવાના ગાલીચા અથવા હવાના ઉશીકાં બનાવવામાં થાય છે. રબરની કોથળી ઉપર કપડાંનું પડ લગાવીને કોથળીમાં વાતપૂરક પંપ વડે હવા ભરવામાં આવે છે. અંદરની નળીમાં એક વાલ્વ હોય તો એ કોથળીમાંથી હવા નીકળી જઈ શકશે નહિ. એવાં

ઉશીકાં રૂવાળાં ઉશીકાં કરતાં પણુ વધુ પોચાં લાગશે. ખાસ કરીને માંદા માણુસોના સાંધામાં દુઃખ થતું હોય તેમને માટે આવાં હવાના ઉશીકાં વપરાય છે. એ સિવાય સાઇકલના ટાયરની અંદર જે રબરની નળી હોય છે તેમાં ખૂબ દબાણુ કરી હવા પૂરવામાં આવે છે. એનું કારણુ એ છે કે હવા પૂરવાથી અંદરની નળી ખૂબ ફૂલીને બહારના ટાયરને પણુ તંગ અને ગોળ બનાવે છે. આમ કરવાથી એ ટાયરને જમીનનો ઘસારો ઓછો લાગે છે અને પૈંડાની ઉપર થતો અવરોધ (resistance) ઓછો થાય છે. હવા ભરેલા ટાયરવાળી સાયકલ અને પૈંડામાંની હવા નીકળી ગયલી સાઇકલ ઉપર બેસવાથી માલૂમ પડે છે કે હવા ન પૂરેલી હોય તે સાઇકલ દોડાવવાનું કામ બહુ મુસીબતવાળું છે. હવા પૂરી શકાય એવાં ટાયરને વાયુપૂર્ણ ટાયર (pneumatic tyres) કહેવામાં આવે છે.

એ ઉપરાંત સંકોચાયેલી હવાનો ઉપયોગ ઊંડી ખાણુમાંથી સ્ટવની પેઠે કેરોસિન ઊંચે ચઢાવવામાં આવે છે. નીચે રાખેલી બંધ ટાંકીમાં એક નળીવાટે જમીન ઉપરથી હવાનું પુષ્કળ દબાણુ કરીએ તો બીજી નળીવાટે કેરોસિન ઊંચે ચઢે છે. આગ વખતે બંબા વડે પાણી ઊંચે ફેંકવામાં પણુ સંકોચેલી હવાનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

સંકોચાયલા વાયુ (compressed gas) ના પુષ્કળ જથ્થાને પણુ એકથી બીજી જગ્યાએ પસાર કરવામાં સરળતા પડે છે. ખાસ કરીને દાક્તરી ઉપયોગમાં સંકોચાયલા ઑક્સિજનની નળીઓનો બહુ ખપ પડે છે. ૧૧૫ થી ૨૦૦ હવામાનના

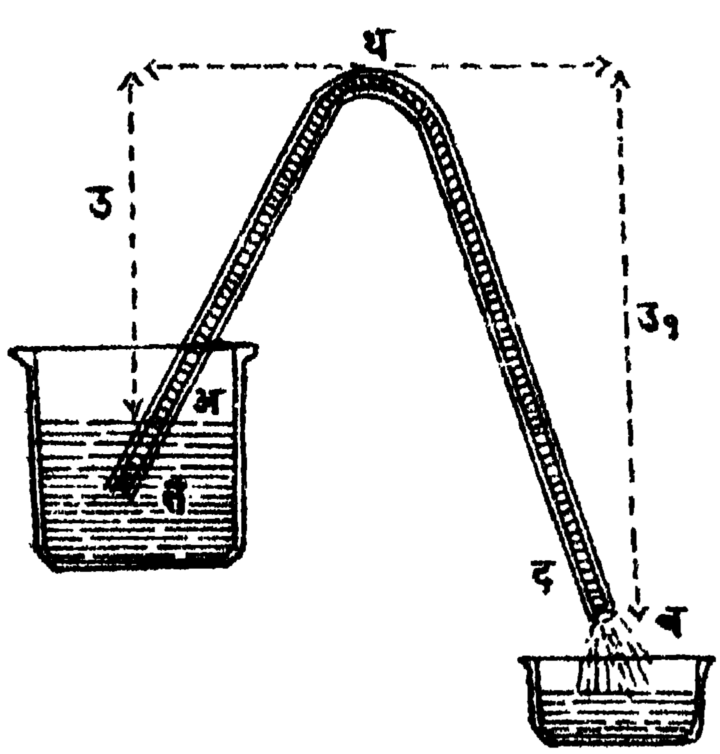
દબાણથી લોખંડની નળીમાં ઑક્સિજન ભરવામાં આવે તો નળીના કદ કરતાં ૨૦૦ ગણો ઑક્સિજન રહી શકે અને લાંબો વખત ઉપયોગમાં લઈ શકાય છે. સબમરિનને ઉપર લાવતી વખતે અંદર ભરેલું પાણી બહાર કાઢી નાંખવું પડે છે. એ વખતે પણ સંકોચેલી હવા પાણીની ટાંકીમાં મોકલવાથી પાણી બહાર કાઢી શકાય છે.

કેટલાંક યંત્રો પણ હવાના દબાણથીજ ચાલે છે. રસ્તા ઉપરના પત્થરને દબાવવામાં જે યંત્ર વપરાય છે તેમાં પણ સંકોચેલી હવાનો ઉપયોગ થાય છે.

૧૫. બકનળી (syphon)

આકૃતિ (૬૪) માં तथद જેવી વાંકી નળીની એક બાજુ વધારે લાંબી હોય અને તેમાં પ્રથમ સંપૂર્ણ પાણી ભરીને નાની બાજુને પાણીથી ભરેલા વાસણમાં રાખી ઊંધી કરી ડુબાવો તો માલૂમ પડશે કે એ વાસણનું પાણી લાંબી નળીદ્વારા બહાર નીકળ્યા કરે છે. એવી નળીને બકનળી કહેવામાં આવે છે. હવા અને પાણીના દબાણના ફેરને લીધે નળીમાં બ કે જ્યાં વધુ દબાણ છે ત્યાંથી ब કે જ્યાં ઓછું દબાણ છે ત્યાં નળીદ્વારા પાણીનો પ્રવાહ વહી જાય છે. નળીમાં अ આગળ હવાનું દબાણ પાણીને ઊંચે હડસેલે છે. उ ઊંચાઇનું પાણી નીચી બાજુ દબાણ કરે છે. એ જ રીતે ब આગળ પણ હવા નળીમાં ઊંચી દિશામાં દબાણ

આકૃતિ ૬૪



કરે છે અને $ઉ_1$ ઊંચાઈનું પાણી નીચે દબાણ કરે છે. માટે જો હવાનું દબાણ હ હોય તો નળીની અંદરના પાણી ઉપર

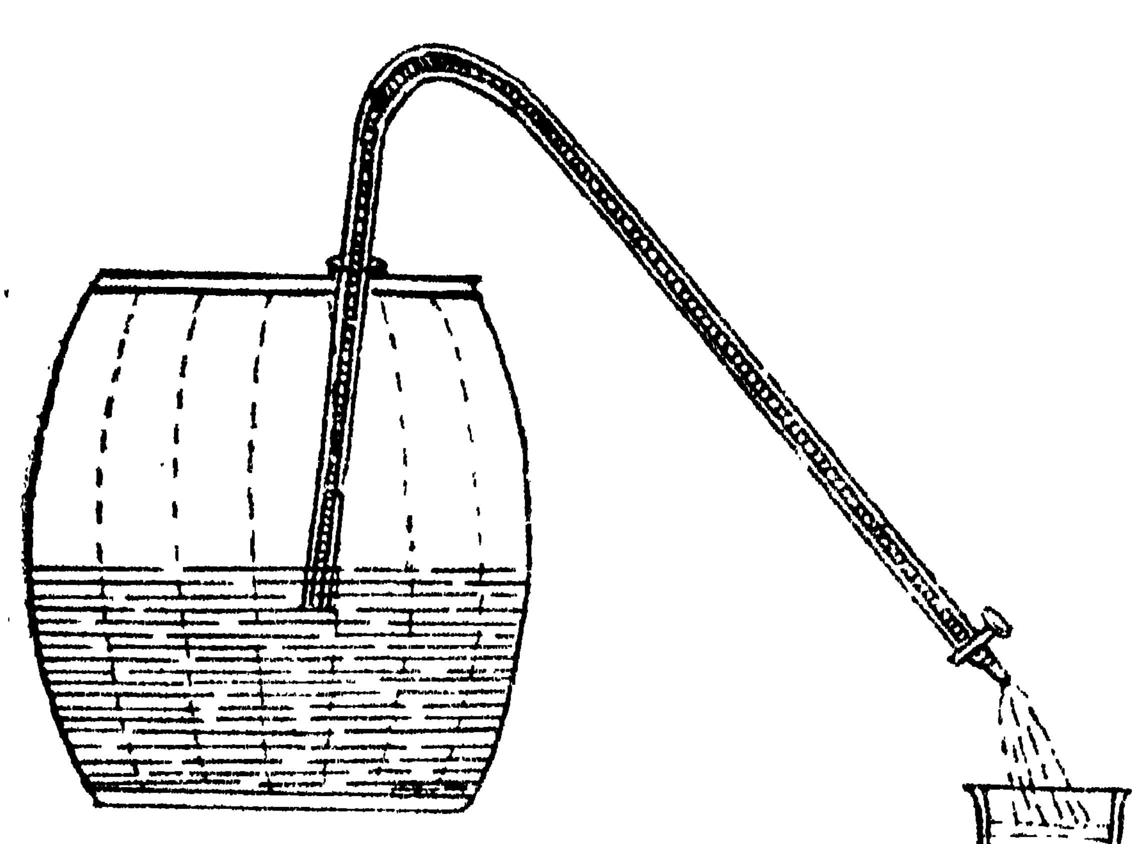
અ આગળનું દબાણ = હવાનું દબાણ − પાણીનું દબાણ

= હ − ઉ

બ આગળનું દબાણ = હ − $ઉ_1$

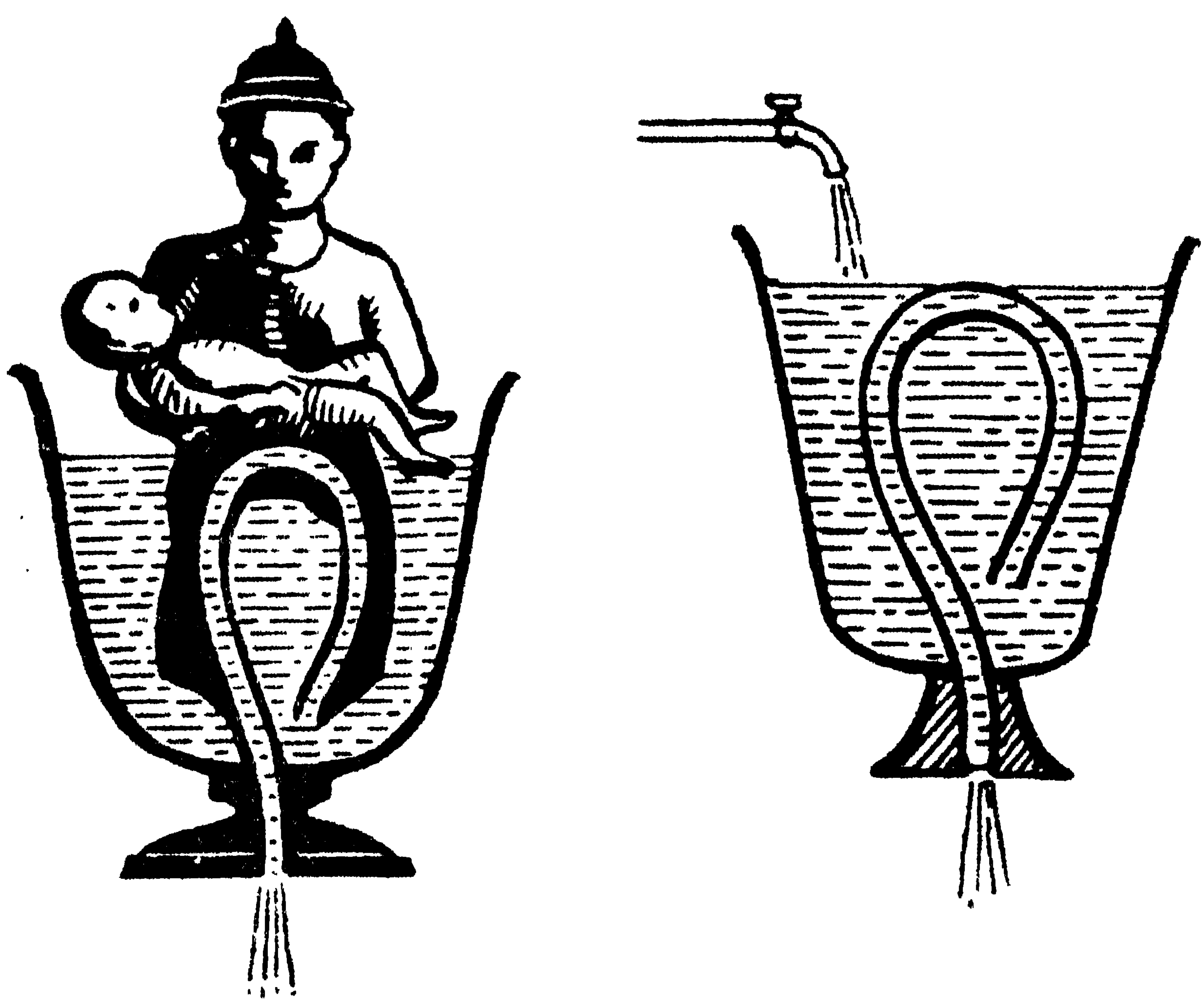
પરંતુ ઉ < $ઉ_1$ હોવાથી, બ આગળનું દબાણ અ આગળના દબાણ કરતાં ઓછું થાય છે. આથી વધુ દબાણવાળાં સ્થળ અ થી ઓછાં દબાણવાળાં સ્થળ બ તરફ પાણી જાય છે. આ ઉપરથી સહેજે સમજાય છે કે જ્યાં સુધી બ સપાટી અ કરતાં વધારે નીચી છે, ત્યાં સુધી પાણીનો પ્રવાહ ચાલુ રહેશે અને બન્ને સપાટી સરખી થતાં તે વહેતું અટકશે. આ જ કારણથી ઘણુંખરૂં બકનળીની એક બાજુ હમેશાં લાંબી રાખવામાં આવે છે. કોઈ મોટી ટાંકી ખાલી કરવી હોય અથવા પીપને ઊંધું વાળ્યા વિના એમને એમ પ્રવાહી કાઢવું હોય ત્યારે આવી બકનળી ઘણી ઉપયોગી નીવડે છે (આકૃતિ ૬૫); કારણ કે મોટા વાસણને ઊંધું વાળીને પ્રવાહી કાઢવાનું કામ મુસીબત ભર્યું થઇ પડે છે. આજ જાતની નળીનો ઉપયોગ વાસુદેવ પ્યાલા (tantalus cup) માં કરવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૬૫



૧૬. વાસુદેવ પ્યાલા પુરાણની કથા પ્રમાણે એવી માન્યતા છે કે વસુદેવ મધ્યરાત્રે છૂપી રીતે કૃષ્ણને મથુરામાં મૂકવા ગયા ત્યારે યમુના નદીમાં પૂર આવેલું હતું, અને રાત્રે હોડી વિના ઊતરાય એમ ન હતું. આમ છતાં હિંમત કરીને વસુદેવ નદીમાં ઊતર્યાં અને કૃષ્ણના અંગુઠાને યમુના નદીનું પાણી જેવું અકડયું કે તરતજ

આકૃતિ ૬૬



નદીમાંથી પાણી બન્ને બાજુએ ખસી ગયું અને નદીએ માર્ગ આપ્યો. આ વાર્તા ઉપરથી કૃષ્ણના પગના અંગુઠાનો ચમત્કાર બતાવતા પ્યાલા તૈયાર કરવામાં બકનળીનો ઉપયોગ થાય છે (આકૃતિ ૬૬). મધ્યમાં કૃષ્ણને હાથમાં લઇ વસુદેવ ઉભેલા

બતાવવામાં આવ્યાં છે. એ મુર્તિની નીચે બકનળી છૂપાવી છે અને તે પ્યાલાના તળિયાંમાં ખૂલ્લી થાય છે. જેવું પાણી કૃષ્ણના અંગુઠાને અડકે કે તરત આખી નળી ભરાઈ જતી હોવાથી પ્યાલામાંનું પાણી નળીદ્વારા તળિયાંમાં થઇને બહાર ચાલ્યું જાય છે. (ગ્રીક કથા પ્રમાણે ટૅન્ટૅલસ નામના એક માણુસને એવી સજા કરવામાં આવી હતી કે એના હોઠ સુધી પાણી આવે એટલી ઉંડાઇએ એને ઉભો રાખવો, પરંતુ તરસ લાગે તો પણ એને પાણી પીવા દેવું નહિ. આ કથાને અનુસાર યુરોપમાં વસુદેવને બદલે ટૅન્ટૅલસને પ્યાલામાં ઉભો રાખી એના હોઠ સુધી પાણી આવી નીકળી જાય એવી રચનાના પ્યાલા તૈયાર કરવામાં આવે છે.)

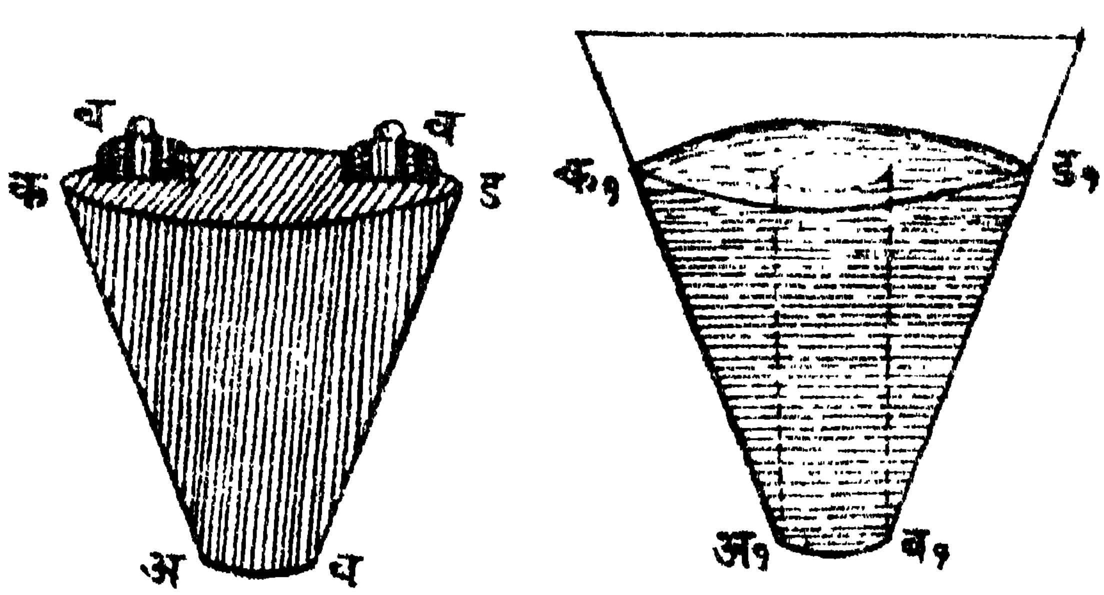
૧૭. વાયુ પ્રવાહી અને ઘન ઉપર દબાણની અસર

આપણે આગળ જોયું તેમ હવાને પંપથી સંકોચી દેવાય છે અને થોડી જગ્યામાં ઘણી હવાને વાતપૂરક પંપ વડે પૂરી શકાય છે. કોઈ પણ વાયુને દબાણ કરી આવી રીતે સંકોચવામાં આવે તો તે સંકોચાય છે. વાયુને સંકોચવામાં આવે તેની સાથે એનું દબાણ પણ વધે છે. અમુક જગ્યામાં જેટલો વાયુ સાધારણ રીતે રહી શકે તેથી બમણો ભરવામાં આવે તો તે વાયુનું દબાણ પણ બમણું થશે. આ જ પ્રમાણે જો પ્રવાહીને દબાવવામાં આવે તો માલૂમ પડશે કે બહુ જ પ્રચંડ બળ લગાડયા છતાં પ્રવાહી થોડું જ સંકોચાય છે. આજ કારણથી જલદાબ યંત્ર (hydraulic-press) માં પાણી વપરાય છે. જો પાણીની જગ્યાએ વાયુ હોય તો ઉપર જેટલું દબાણ વધારતા જઇએ તેમાંનું ઘણુંખરૂં બળ વાયુને સંકોચવામાંજ વપરાઈ જશે અને ઉપર લગાડેલું બળ બીજી જગ્યાએ નહિ જેવુંજ લાગુ પડશે.

પ્રવાહી બહુ ઓછું સંકોચાય છે એટલે પ્રચંડ બળ લગાડવું હોય અથવા યંત્રદ્વારા બળને અનેકગણું કરવું હોય તો પ્રવાહીનો ઉપયોગ કરી શકાશે. ઘન કરતાં પ્રવાહી પદાર્થો પ્રમાણમાં વધુ સંકોચી શકાય છે; પરંતુ તે પણ વાયુના પ્રમાણમાં બહુજ થોડા સંકોચાય છે.

૧૮. ઘન, પ્રવાહી અને વાયુના દબાણનો તફાવત ઘન વસ્તુનું દબાણ હમેશાં પૃથ્વીના કેન્દ્ર તરફ હોય છે અને એક **ઘનને** બીજા ઘન ઉપર મૂકીએ તો એકનો આધાર બીજા ઉપર છે ત્યાં સુધી ઉપરના ઘનનું દબાણ નીચેના ઘન ઉપર થાય છે. ઘનનું દબાણ હંમેશાં ઉપરથી નીચે (vertically downward) થાય છે અને ઘન વસ્તુ ઉપર રાખેલા બધા વજનનું દબાણ નીચેની સપાટી ઉપર લાગે છે. બાજુમાં બતાવેલી આકૃતિ (૬૭ '૧') માં अब સપાટી ઉપરનું કુલ્લ દબાણ ઘનનું વજન અને ઉપર રાખેલાં છૂટાં વજન જેટલું છે. જો એવા જ આકારનું અને એટલાજ કદનું વાસણ લઇ તેમાં પ્રવાહી ભરીએ તો (આકૃતિ ૬૭ '૨') $अ_1$ $ब_1$ ઉપર માત્ર શિરોલંબ દિશાના પ્રવાહીના વજન જેટલુંજ દબાણ થશે. એટલે આકૃતિમાં તૂટક લીટીથી બતાવેલાં પ્રવાહીના વજ-

આકૃતિ ૬૭



(૧) (૨)

નનું જ દબાણ $અ_1 બ_1$ ઉપર થશે. બાકીના પ્રવાહીનું દબાણ નીચે ન થતાં માત્ર વાસણની બાજુ ઉપર લાગે છે. આજ કારણને લીધે વાસણની બાજુમાં એક કાણું પાડવામાં આવે તો પ્રવાહી જોરથી બહાર નીકળે છે. એક વાસણની સપાટી ઉપરના પ્રવાહીના દબાણનો આધાર એ સપાટી ઉપરથી પ્રવાહીની ઉપલી ખૂલ્લી સપાટીની શિરોલંબ ઊંચાઇ ઉપર જ આધાર રાખે છે.

એક વાસણમાં પ્રવાહી ભરીને તેને જો બંધ કરીએ તો ઉપરથી નીચે જતાં પ્રવાહીનું દબાણ વધતું જાય છે. માત્ર ઉપલી સપાટીએ પ્રવાહીનું દબાણ બિલકુલ હોતું નથી, જ્યારે નીચેની સપાટી ઉપર સૌથી વધુ દબાણ હોય છે. વાયુના દબાણમાં લગભગ પ્રવાહીના જેવી જ અસર માલમ પડે છે. જેમ ઊંચે જઇએ તેમ હવામાનમાં વાયુનું દબાણ ઓછું થાય અને નીચે જઇએ તેમ વાયુનું દબાણ વધતું જાય છે. પ્રવાહી બહુ સંકોચાતું ન હોવાથી ઊંડાઇના પ્રમાણસર દબાણ વધે છે. વાયુ ખૂબ સંકોચાતો હોવાથી એનું દબાણ ઊંડાઇની પ્રમાણસર હોતું નથી. વાતાવરણમાં જેમ ઊંચે જઇએ તેમ હવા ખૂબ પાતળી થાય છે અને નીચે આવીએ તેમ ઘટ્ટ થાય છે. આમ વાયુની ઘનતાનો આધાર તેની ઉપરના દબાણ ઉપર આધાર રાખે છે. હવામાનમાં કોઈપણ જગ્યાએથી એક બંધ ગોળામાં વાયુને ભરીશું તો માલૂમ પડશે કે ગોળામાંના વાયુનું દબાણ તે જગ્યાના બહારના વાયુનું દબાણ જેટલું જ છે. ગોળાની અંદર રહેલા વાયુનું કદ બહારના હવામાનના કદના પ્રમાણમાં ઘણું જ ઓછું છે; છતાં બહારનું દબાણ અને અંદરનું દબાણ સરખું હોવાથી એ ગોળાની સપાટી ઉપર સરખું દબાણ લાગે છે. રબરના પાતળા પુક્કાની અંદર હવા દાખલ કરી સહેજ પુગાવવામાં આવે છે ત્યારે

અંદરનું દબાણ ચારે બાજુની બહારની હવાના તથા રબરના દબાણના સરખુ જ હોવાથી રબરનો પડદો સમતોલ રહે છે. આ ઉપરથી સિદ્ધ થાય છે કે હવાનું દબાણ માત્ર વાયુની ઘનતા (density) ઉપર આધાર રાખે છે.

૧૯. બોઇલનો નિયમ (Boy e's Law) હવા ઉપર દબાણ કરવાથી એના કદમાં ફેર થાય છે. આ બંનેનું પ્રમાણ દાખવતો નિયમ પ્રથમ આયર્લૅન્ડના વૈજ્ઞાનિક બોઇલે ઘડ્યો હતો. પ્રયોગ કરતા એને માલૂમ પડયું કે એક બંધ કરેલા વાસણમાં હવા રાખી એના ઉપર હવામાનના દબાણથી બમણું દબાણ કરવામાં આવે તો તેમાં રહેલી હવાનું કદ બરાબર અર્ધું થઈ જાય છે. એક પિચકારીની નળી બંધ કરી અંદરની હવા ઉપર પિસ્ટન વડે દબાણ કરવામાં આવે તો દબાણ બમણું થઇ જતાં કદ અર્ધું થશે. એ જ પ્રમાણે જેમ દબાણ વધતું જશે તેમ હવાનું કદ પ્રમાણસર ઘટતું જશે. ધારો કે હવાનું કદ (क) હોય અને તે વખતે દબાણ (द) હોય તો કદ અને દબાણમાં નીચે પ્રમાણે ફેર થશે:–

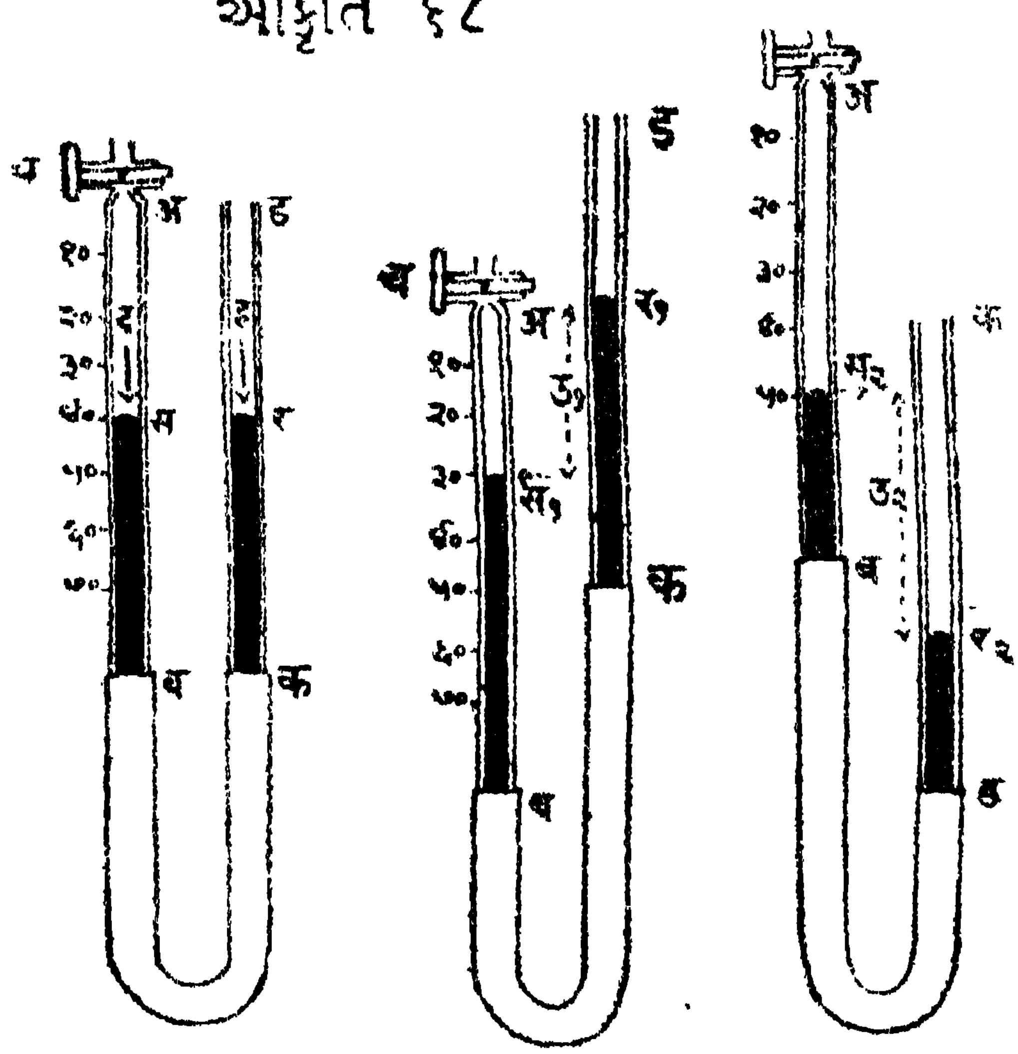
દબાણ	૨ द	૩ द	૪ द	द	$\frac{\text{द}}{\text{૨}}$	$\frac{\text{द}}{\text{૪}}$
કદ	$\frac{\text{क}}{\text{૨}}$	$\frac{\text{क}}{\text{૩}}$	$\frac{\text{क}}{\text{૪}}$	क	૨क	૪क

એટલે કે કદ અને દબાણનો ગુણાકાર દરેક વખતે તદ્દન એક સરખો રહે છે. જ્યાં સુધી એ પિચકારી અથવા વાસણમાં રાખેલી હવાના વજનમાં ફેરફાર ન થાય અને હવાનું ટૅમ્પરેચર એક સરખું જ રહે ત્યાં સુધી કદ અને દબાણનાં પ્રમાણ હંમેશાં ઉપર દર્શાવ્યા પ્રમાણે રહેશે. ટૂંકમાં બોઇલનો નિયમ નીચે પ્રમાણે વર્ણવી શકાય છે:–

"જો ટૅમ્પરેચર એક સરખું જ રહે તો આપેલાં વજનના વાયુના કદના અને દબાણનો ગુણાકાર હંમેશાં એકમૂલ્ય (constant) રહે છે" અથવા "જો ટૅમ્પરેચર એકસરખું રહે તો આપેલાં વજનના વાયુનું કદ દબાણથી ઊલટા અથવા વ્યુત્ક્રમ (inverse) પ્રમાણમાં વધઘટ થશે."

૨૦. બોઇલનો પ્રયોગ Boyle's experiment બોઈલના નિયમને પૂરવાર કરવો હોય તો આકૃતિ (૬૮)માં બતાવેલાં સાધનો વડે થઇ શકે. એ સાધનમાં અબ નળીને ઉપરની એક ચકલી વડે બંધ થઇ શકે એવી રાખેલી હોય છે અને એની ઉપર કદના માપના આંકો પાડેલા છે. એને કડ નળી સાથે એક રબરની કબ નળી વડે જોડેલી હોય છે. બન્ને નળીની અંદર સ અને ર સુધી પારો ભરેલો છે. પ્રયોગ શરૂ કર્યા પહેલાં ચકલી च ખૂલ્લી રાખવામાં આવે છે, એટલે અબ અને કડ માં પારો એકજ સપાટી (level) માં સ અને ર આગળ રહે છે (આકૃતિ ૬૮'૧'). ચકલી બંધ કરવામાં આવે તો અ થી સ સુધીની હવા ઘેરાયલી રહેશે અને તેનું દબાણ બહારની હવાના દબાણ હ જેટલું જ રહેશે, કારણ કે પારાની બન્ને બાજુની સપાટી સ અને ર સરખી ઊંચાઈએ છે. ર ઉપર હવાનું દબાણ છે

આકૃતિ ૬૮



(૧) (૨) (૩)

એટલે स ઉપરનું દબાણ પણ તેટલું જ હોવું જોઇએ. ધારો કે આ વખતે अब માંની હવાનું દબાણ द છે અને કદ क છે. હવે જો આકૃતિ (૬૮ '૨')ની પેઠે कड નળીને ઊંચે ચઢાવીશું તો अब માંની હવા સંકોચાઇને $स_1$ સુધી આવશે ને र સપાટી $र_1$ આગળ આવશે. આ સ્થિતિમાં अब અને कड નળીમાં $स_1$ આગળ આવેલી પારાની સપાટી ઉપર એક સરખું દબાણ થાય છે. એટલે अब માંની હવાનું દબાણ कड નળીમાં $स_1$ જેટલી ઊંચાઇએ આવેલી પારાની સપાટી ઉપર લાગતાં દબાણ જેટલું થાય છે. આ સ્થિતિમાં अब માંની હવાનું દબાણ $द_1$ છે અને કદ $क_1$ છે એટલે

$$\text{अब માંની હવાનું કુલ દબાણ} = \text{બહારની હવાનું દબાણ} + \text{$स_1$ થી $र_1$ જેટલી ઊંચાઇના પારાનું દબાણ}$$

$$द_1 = ह + उ_1$$

ઉપર પ્રમાણે દબાણ વધારવાથી વાયુનું કદ ઘટેલું માલૂમ પડશે. એવીજ રીતે कड નળીને બેચાર વખત જુદી જુદી ઊંચાઇએ રાખવાથી વધતા જતા દબાણ અને તે પ્રમાણે થતા કદના ફેરફાર નોંધી શકાશે.

હવે જો આકૃતિ (૬૮ '૩') માં બતાવ્યા પ્રમાણે कड નળીને अब નળીથી પણ નીચે ઉતારવામાં આવે તો अब માંની હવાનું કદ વધશે અને પારાની સપાટી $स_2$ અને $र_2$ આગળ આવી રહેશે. આ વખતે $र_2$ આગળ આવેલી બન્ને નળીની સપાટી ઉપર સરખું દબાણ થાય છે. ધારો કે अब માંની હવાનું દબાણ $द_2$ છે તો

$$\text{अब નળીમાંની હવાનું દબાણ} + \text{$स_2$ થી $र_2$ જેટલી ઊંચાઇના પારાનું દબાણ} = \text{$र_2$ ઉપર થતું હવાનું દબાણ}$$

$$द_2 + उ_2 = ह$$

$$\text{એટલે } द_2 = ह - उ_2$$

આ પ્રમાણે કડ નળી વત્તીઓછી નીચે ઉતારવાથી ઘટેલા દબાણના પ્રમાણમાં જુદાં જુદાં કદ નોંધી શકાશે. હવે જો દબાણ અને કદનો ગુણાકાર કરીશું તો તે સંખ્યા એકમૂલ્ય (constant) આવશે. જો क ड નળીમાં પારાની સપાટી अब નળીના કરતાં વધુ ઊંચે હોય તો બન્ને સપાટીનો તફાવત હવાના દબાણમાં ઉમેરવો અને એથી ઉલટું હોય તો બાદ કરવો.

પ્રયોગની નોંધ નીચે પ્રમાણે ઉતારવાથી વધુ સરળતા થઇ પડશે.

	अब નળીમાં રહેલી હવાનું કદ	હવાનું દબાણ	अब અને कड નળીમાં આવેલા પારાની સપાટીની ઊંચાઇનો ફેર	કુલ્લ દબાણ	કદ×કુલ દબાણ
(૧)	क	ह	०	$\text{द} = \text{ह} + 0$	$\text{क} \times \text{द}$
(૨)	क_1	ह	उ_1	$\text{द}_1 = \text{ह} + \text{उ}_1$	$\text{क}_1 \times \text{द}_1$
(૩)	क_2	ह	उ_2	$\text{द}_2 = \text{ह} - \text{उ}_2$	$\text{क}_2 \times \text{द}_2$

ઉપરના કોઠાના છેલ્લા ખાનામાં બતાવેલી કદ અને દબાણના ગુણાકારની રકમ પ્રયોગથી એકમૂલ્ય આવે તો બોઇલનો નિયમ પૂરવાર થયો એમ કહી શકાય.

દબાણ ઓછું થવાથી કદ વધે છે. આજ કારણથી જમીન ઉપર બલૂનમાં વાયુ ભરવામાં આવે છે ત્યારે તેમાં વાયુને છલોછલ ભરવામાં આવતો નથી. કારણ કે બલૂન જેમ જેમ ઊંચે જાય તેમ તેમ બહારની હવાનું દબાણ ઓછું થતું જાય છે અને બલૂનની અંદરનો વાયુ વિસ્તાર પામે છે. જો

પહેલેથી જ બલૂનની કોથળી પૂરેપૂરી ભરી દીધી હોય તો અંદરનો વાયુ વિસ્તાર પામવાથી કોથળી ફાટી જવાનો સંભવ રહે છે.

૨૧. હવાના દબાણનું કારણ

હવાના દબાણને સમજવા માટે એના પરમાણુની સ્થિતિ વિષે કંઇક જાણવું અગત્યનું છે. ઘન વસ્તુના અણુ (molecules) એક બીજાથી એટલા નજીક છે કે એને બળપૂર્વક છૂટા પાડવામાં ન આવે તો એ વળગેલા રહેશે. પ્રવાહીમાં એ અણુ એકબીજાની સાથે સંયુકત નથી, પરંતુ એકબીજાની એટલા નજીક છે કે સ્થિર પ્રવાહીમાં એક અણુ બીજી જગ્યાએ ગતિ કરી શકતો નથી, કારણ કે એને બીજા નજીકના અણુ અવરોધે છે. આમ હોવા છતાં ઘનના અને પ્રવાહીના અણુ હંમેશાં અમુક કક્ષામાં કંપતા (vibrating) રહે છે. જેમ ઉષ્ણુતા વધે છે તેમ એના કંપો વધતા જાય છે. ઘન કરતાં પ્રવાહી વસ્તુના અણુ વધુ કંપતા હોય છે, એટલે કે ઘનમાંથી પ્રવાહીમાં ફેરવાયેલા અણુમાં વધુ શકિત (energy) રહેલી છે. વાયુના અણુ પણ એજ પ્રમાણે કંપતી અવસ્થામાં હોય છે, પરંતુ એની શકિત (energy) ઘન અને પ્રવાહી કરતાં પણ વિશેષ હોય છે. એક ઘન પદાર્થને ગરમ કરીએ તો તે પ્રવાહી થશે અને પ્રવાહીમાંથી વાયુ થશે. એનો અર્થ એ થયો કે ઘન સ્થિતિમાંના ઓછી શક્તિવાળા અણુને ગરમ કરવાથી પ્રથમ પ્રવાહી સ્થિતિમાં વધુ શકિતવાળા અણુમાં રૂપાન્તર થાય છે; અને તે જ પ્રમાણે ઉષ્ણુતારૂપે વિશેષ શકિત આપવાથી પ્રવાહી અણુ વાયુમય બને છે. એક ઘન સેન્ટિમિટર પાણીની વરાળ બનાવીએ

તો એનું કદ ૧૬૦૦ગણુ થઈ જાય છે. આથી કરીને વરાળના અણુને કંપતા રહેવાને પુષ્કળ છૂટ મળે છે, અને એક અણુ ઉપર બીજા અણુની આકર્ષણ શક્તિ પણ ઓછી થાય છે. આથી તે એક બીજાથી સહેલાઈથી છૂટા પડે છે. જો એક વાસણમાંનો વાયુ બંધ કરવામાં આવે તો તે આખા વાસણમાં પ્રસરી જાય છે. એ વાયુના કંપિત અણુઓ એક બીજા સાથે અથડાઇને વાસણની બાજુ ઉપર કાયમ અથડાયા કરે છે. આવા કંપિત થયેલા અણુના અથડાવાથી વાસણ ઉપર દબાણ થાય છે એટલુંજ દબાણ બહારના વાયુના અણુની શક્તિથી થતું હોય તો વાસણની બન્ને બાજુ ઉપર એક સરખું દબાણ થાય છે. એક બંધ વાસણમાં જેમ જેમ હવાનું પ્રમાણ વધારતા જઈશું તેમતેમ હવાના અણુ પણ વિશેષ સંખ્યામાં વાસણની બાજુએ અથડાતા જશે અને એમ અંદરની હવાનું દબાણ વધેલું માલૂમ પડશે.

૨૨. ઘન, પ્રવાહી અને વાયુ

ઉપરના વર્ણનથી ઘન, પ્રવાહી અને વાયુરૂપ સ્થિતિમાં રહેલાં દ્રવ્યોની વચ્ચેનો તફાવત માલૂમ પડશે. ઓછાં ટૅમ્પરેચરે ઘન સ્થિતિ રહે છે. ઉષ્ણતા વધારીએ તો ઘન વસ્તુ અમુક ટૅમ્પરેચરે પ્રવાહી રૂપ ધારણ કરે છે અને અંતે વાયુરૂપ થાય છે. ઉષ્ણતાને લીધે વસ્તુના અણુ વધારે શક્તિ ગ્રહણ કરી એક બીજાંથી છૂટાં પડતા જાય છે. ઘન સ્થિતિમાં અણુની ગમનશક્ત (kinetic energy) ઓછી હોય તો તે વધીને વાયુમય સ્થિતિમાં સૌથી વધુ થાય છે. ઘન વસ્તુ પોતાના આકાર અને કદ સાચવી રાખે છે, કારણ કે એના અણુ ઘટ્ટ હોય છે અને એકબીજા ઉપર આકર્ષણ કરી તેમને જકડી રાખે છે. પ્રવાહીના

અણુ છૂટા હોવા છતાં તેમનું પરસ્પરનું આકર્ષણ બળ એટલું હોય છે તેનું કદ તેટલુંજ રહે છે, પરંતુ માત્ર આકારમાં ફેરફાર થાય છે. વાયુના અણુ છૂટા હોવાથી જે વાસણમાં તેને રાખીએ તેમાં તે સર્વત્ર પ્રસરે છે અને એ વાસણના કદ જેટલા વિસ્તારમાં ફરી વળે છે; એટલે કે વાયુના કદ અને આકારમાં સહેલાઇથી ફેરફાર થયા કરે છે.

સાર

૧. જે જગામાં હવા અથવા કોઇપણ બીજું દ્રવ્ય ન હોય તેને અવકાશ (vacuum) કે શૂન્યાવકાશ કહેવામાં આવે છે. શૂન્યાવકાશવાળી જગામાં માર્ગ મળતાં બહારના વાતાવરણના દબાણ લીધે હલકું દ્રવ્ય, વાયુ તથા પ્રવાહી તેમાં ધસી જાય છે. આ ઘટનાનો ઉપયોગ સાહી નળીમાં, તેમજ ફાઉન્ટન પેનમાં સાહી ભરવામાં અને પિચકારી કે પિપેટમાં પ્રવાહી ભરી લેવામાં થાય છે. વેકયુમ બ્રેક, વેકયુમ ક્લિનર તથા વેકયુમ પોસ્ટનું કાર્ય પણ હવાના દબાણથી થાય છે.

૨. પંપનું કાર્ય પણ બહારની હવાના દબાણની તેની ઉપર થતી અસરની ઉપર આધાર રાખે છે. પંપમાં દાખલ થયેલું પ્રવાહી બહાર ન નીકળે તે માટે તેમાં વાલ્વ રાખવામાં આવે છે. પ્રથમ પિસ્ટનને ઊંચે ખેંચવામાં આવે એટલે પંપમાંની હવા પાતળી થાય છે અને દબાણ ઓછું થાય છે. આથી તેમાં બહારની હવાના દબાણથી પ્રવાહી દાખલ થાય છે. પિસ્ટનને પાછો દબાવીએ ત્યારે વાલ્વ બંધ થાય છે અને પિસ્ટનમાંના વાલ્વદ્વારા પ્રવાહી ઊંચે ચઢે છે.

૩. પંપ અનેક જાતના હોય છે. સાદા પાણી ખેંચવાના પંપ વડે ૩૪ ફૂટથી વધુ ઊંચે પાણી ખેંચી શકાતું નથી. દાબપંપમાં પંપના પિસ્ટન વડે વધુ દબાણ કરી પાણીને ઊંચે ચઢાવવા આવે છે.

૪. સાઇકલના પંપમાં ચામડાનું વૉશર પિસ્ટનના અંદરના વાલ્વનું કાર્ય કરે છે. કેરોસિન સ્ટવમાં પણ એજ પ્રકારની રચના હોય છે. આ બન્ને વાતપૂરક પંપ કહેવાય છે. વાતાકર્ષક પંપમાં પિસ્ટનનો વાલ્વ બહાર ઊઘડે છે અને નળીનો વાલ્વ અંદર ખૂલે છે. વાતપૂરક પંપમાં એથી ઊલટું હોય છે.

૫. શૂન્યાવકાશમાં અવાજ પસાર થતો નથી. શૂન્યાવકાશમાંથી ગરમી ઓછી પસાર થાય છે. શૂન્યાવકાશમાં વસ્તુ જલદી બગડતી નથી. આથી જ ખાવાના પદાર્થોને તથા તમાકુ વગેરે વસ્તુને શૂન્યાવકાશવાળા ડબ્બામાં રાખી મૂકવામાં આવે છે. વીજળીના ગોળામાંથી પણ હવા કાઢી લેવામાં આવે છે અને તેથી ગોળામાંનો તાર લાંબો વખત ટકે છે.

૬. સંકોચાયેલી હવાનો ઉપયોગ પણ ઘણો જ છે. ઘણા યાંત્રિક ઓજારોને એવી હવાના દબાણથી ચલાવવામાં આવે છે. સંકોચેલી હવા વડે પ્રવાહીને ઊંચે સુધી ફેંકવામાં આવે છે. આગના બંબા-માંથી આ પ્રકારે પાણી ઊંચે ફેંકવામાં આવે છે. હેરોનો ફુવારો આ ગુણથી ચાલે છે.

૭. બકનળીના ટૂંકા છેડા ઉપર વધુ દબાણ હોય છે અને લાંબા છેડાની સપાટી આગળ કુલ દબાણ ઓછું હોય છે, એટલે પ્રવાહી ટૂંકા છેડાથી લાંબા છેડા તરફ જાય છે. વાસુદેવ (ટેન્ટેલસ) પ્યાલામાં પણ આવીજ કરામત હોય છે.

૮. બૉઇલનો નિયમ વાયુના કદ અને દબાણના વધઘટના ફેરફારનું માપ દર્શાવે છે. "અમુક ટેમ્પરેચરે આપેલા વાયુનું કદ તેના દબાણથી ઉલટા પ્રમાણમાં વધઘટ થાય છે." એટલે કે વાયુના કદ અને દબાણનો ગુણાકાર એકમૂલ્ય (constant) રહે છે. દબાણ બમણું થાય તો કદ અર્ધું થાય છે.

૯. ઘન અને પ્રવાહી ઓછાં સંકોચાય છે. વાયુ ઘણો સંકોચાય તેવો છે. દરેક વસ્તુના અણુમાં ઓછીવત્તી શક્તિ રહેલી હોય

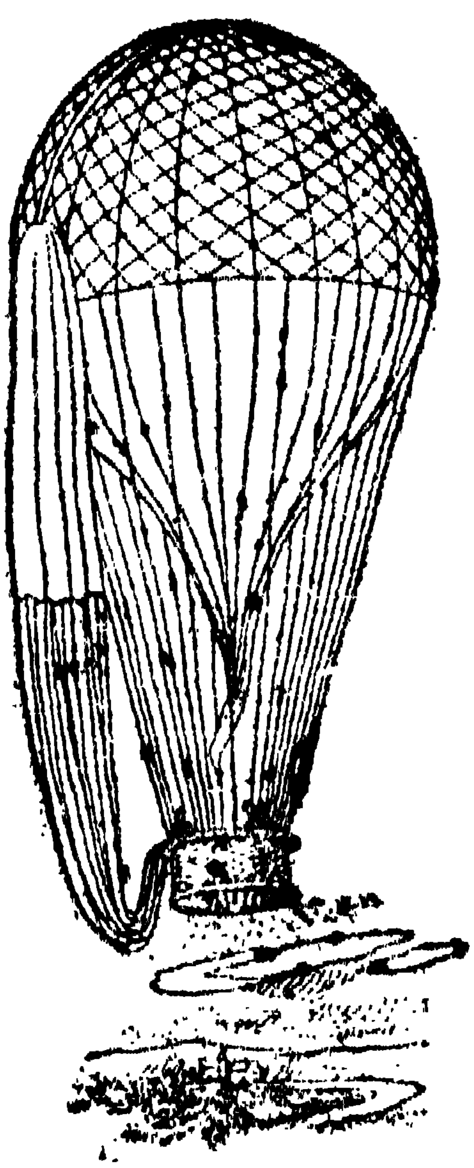
છે. ઘન વસ્તુના અણુમાં ઓછી શક્તિ હોય છે, પ્રવાહીના અણુમાં વધુ અને વાયુના અણુમાં સૌથી વધુ હોય છે. એ શક્તિ ઉષ્ણતા આપવાથી મળે છે, અને તેને લીધે અણુ કંપિત અવસ્થામાં રહે છે. ઉષ્ણતા આપવાથી ઘન વસ્તુ પ્રવાહી અને પ્રવાહી વાયુરૂપ બને છે. ઘન વસ્તુના આકાર અને કદ તેજ રહે છે, આકાર બદલાય છે, વાયુનો આકાર અને કદ બન્ને બદલાય છે.

પ્રકરણ ૭

હવા અને પાણીની અંદર માર્ગો

૧. બલૂન અને હવાઇ જહાજ Baloon and Airship

આકૃતિ ૬૯.



બલૂન

એક રબરની કોથળીમાં જો હલકો વાયુ ભરવામાં આવે અને આખી કોથળીનું વજન તેટલા જ કદની હવાના વજનથી હલકું હોય તો એ કોથળી હવામાં ઊંચે ચઢશે. પાણીમાં લાકડાનો ટુકડો ડુબાવી છોડી દેવામાં આવતાં તે જેમ ઊંચો ચઢે છે તેમ એ કોથળીનો ગોળો પણ હવામાં તરતો થઇ જશે. બલૂન અને હવાઇ જહાજ (airship) ની બનાવટમાં આ નિયમનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. બલૂન વડે હવામાં ઊડવાનો પહેલવહેલો પ્રયોગ ૧૭૮૩ માં થયો હતો. એક તેલ પાયેલી રેશમની કોથળીને લઇને તેમાં ગરમ કરેલી હવા ભરીને નીચે એક ટોપલી બાંધી તેની અંદર બેસી બે માણસો પ્રથમ ઊંચે ચઢયા. બલૂનની હવા ઠંડી પડતાં તે નીચે આવ્યું હતું. ઊંચે ચઢાવવા માટે ટોપલીમાં જે બળતણ રાખવામાં આવ્યું હતું તેને બાળવાથી ગરમ અને હલકી હવા કોથળીમાં ભરાતી હતી અને બલૂન ઊંચે ચઢતું હતું. બેન્જામિન ફ્રાંકલિને આ પ્રયોગ જોતાં ભવિષ્ય ભાખ્યું હતું કે “ વખત જતાં બલૂનનો

ઉપયેાગ આગગાડી કે સ્ટિમરની પેઠે આવવા જવાનાં સાધન તરીકે થાય તેા નવાઇ નહિ.'' બલૂનની ગતિનેા આધાર હવા ઉપર રહેતેા હતેા, એટલે મરજી પ્રમાણે બલૂનને લઇને જવા માટે વાહક (propeller) ની જરૂર પડી. શરૂઆતના બલૂનનેા આકાર ગેાળ દડાના જેવેા હતેા અને તે બહુ સગવડવાળેા નહિ લાગવાથી લંબગેાળ આકારનેા (ચીરૂટના જેવેા) બનાવવામાં આવ્યેા. તેને જોરથી ફરે તેવેા પંખેા એક બાજુ લગાડવામાં આવ્યેા. પંખેા ઝડપથી ફરવા માંડે છે તેને લીધે તે આખાં બલૂનને હવાની અંદર આગળ ખેંચે છે. પંખેા ફરવાથી તે હવાને પાછળ ધકેલે છે અને હવા એટલા જ બળથી પંખાને આગળ ધકેલે છે. એવા પંખાને વાહક પંખેા (propeller) કહેવામાં આવે છે. ચીરૂટના આકારના વાહકવાળાં બલૂનને હવાઈ જહાજ (airship અથવા dirigible) કહેવામાં આવે છે. એના ઉપલા મેાટા ભાગમાં હાઇડ્રોજન કે હેલિયમ જેવા હલકા વાયુ ભરવામાં આવે છે. તેની નીચેના ભાગમાં બેસવાના અને વાહક-પંખાને ફેરવવાનાં યંત્રેા રાખવાના એારડા હેાય છે. વાહક-પંખા (propeller) ને પેટ્રોલના યંત્રથી ચલાવવામાં આવે છે.

૨. હવાઇ જહાજનેા ઇતિહાસ

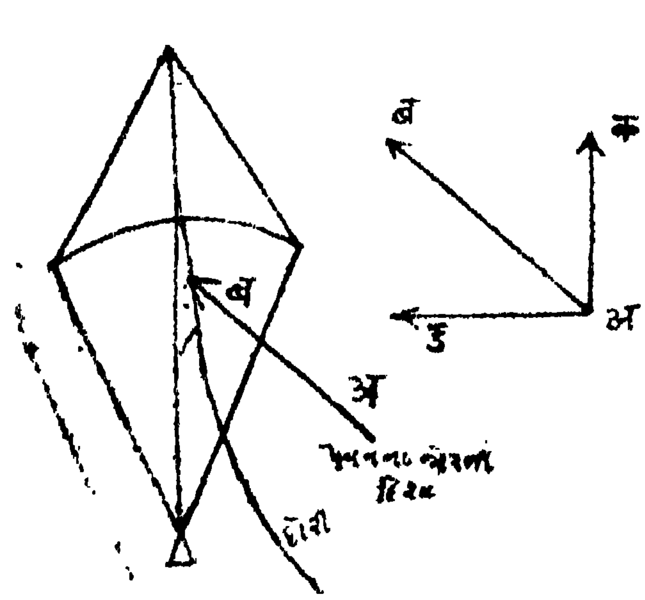
જેમાં સુકાન કરી શકાય તેવું હવાઇ જહાજ પ્રથમ ફ્રેન્ચ લશ્કરી અમલદાર કેપ્ટન રેનેાર્ડે બનાવ્યું હતું. એનેા વાહક–પંખેા (propeller) વિદ્યુતથી ચલાવવામાં આવ્યેા હતેા. એ હવાઇ જહાજ કલાકના ૧૩ માઇલિની ઝડપે ઉડયું હતું. એનાથી વિશેષ સરળતાથી ચલાવાય એવું જહાજ સન્ટેાસ ડ્યુમેાન્ટે બનાવ્યું, અને તેણે ૧૯૦૧ માં ૨૦,૦૦૦ ડેાલરનું ઇનામ મેળવ્યું. એ હવાઇ જહાજના બલનનેા ભાગ ૧૧૨

ફૂટ લાંબો, અને ૧૯ ફૂટ વ્યાસનો હતો. એનું કદ ૬૪૦૦ હતું. નીચે લગાડેલો બેસવાનો અને યંત્રનો ડબ્બો હલકા (light) લાકડાંનો હતો અને તેનું વજન માત્ર ૧૧૦ રતલ હતું. તેમાં પેટ્રોલથી વાહક-પંખો ચલાવવામાં આવ્યો હતો, ડબ્બો વિમાન સાથે પાતળા તાર વડે જોડવામાં આવ્યો હતો, એટલે ઊંચે જતાં તાર દેખાતા નહિ હોવાથી ડબ્બો જાણે અધ્ધર વિમાન પાછળ જતો હોય એમ લાગતું હતું. જર્મનીના કાઉન્ટ ઝૅપલીને આ જહાજોથી પણ ઉત્તમ અને સંપૂર્ણ જહાજ તૈયાર કર્યાં અને તે આજ સુધી અજોડ રહ્યાં છે. ઝેપલીનનું હવાઇ જહાજ ૩૯૦ ફૂટ લાંબુ અને ૩૯ ફૂટ વ્યાસનું છે. એમાં માત્ર એક જ વિમાન ન રાખતાં મોટું એલ્યુમિનિયમનું ચોકઠું બનાવી જુદાં જુદાં સત્તર સ્વતંત્ર બલૂનો રાખવામાં આવ્યાં. આથી એક ફાયદો એ થયો કે જો એકાદ બલૂન ફૂટી જાય તો પણ આખાં જહાજને નુકસાન થાય નહિ. એના બલૂનમાં કુલ ૧,૦૮,૦૦૦ ઘનફૂટ વાયુ રહે એવડું કદ હતું. એલ્યુમિનિયમનાં પતરાંની લાંબા કઠેરાવાળી નીચેની ગાડી ૩૨૬ ફૂટ લાંબી હતી. આના પછી 'ડાઇશલેન્ડ' (deutschland) નામનું જહાજ ઝૅપલીને બાંધ્યું અને એનો ઉપયોગ નિયમિત વાહન તરીકે કરવામાં આવ્યો. એણે તૈયાર કરેલું ગ્રાફ ઝૅપલીન પણ જગત્‌ના જહાજોમાં સૌથી શ્રેષ્ટ જહાજ હતું અને એના વડે તેણે પૅસિફિક મહાસાગર ઉપર અનેકવાર યુરોપથી અમેરિકાની સફર એકી મુસાફરીએ કરી હતી. જર્મનીના વયોવૃદ્ધ લડવૈયા ફૉન હિન્ડેનબર્ગના મૃત્યુ પછી એ જહાજનું નામ "હિન્ડેનબર્ગ" રાખવામાં આવ્યું હતું. જગતમાં સર્વ શ્રેષ્ઠ ગણાતું જહાજ પણ ૧૯૩૭ ના મે માસની સાતમી તારીખે

અકસ્માતે સળગીને ભસ્મ થઇ ગયું. ઇંગ્લંડે પણ ઘણાં હવાઈ જહાજો બનાવ્યાં છે, પરંતુ જર્મનીના જેટલી ફતેહ એને મળી નથી. R-34 નામનું હવાઇ જહાજ પૅસિફિક મહાસાગરને એકી સફરે ઓળંગનાર પ્રથમ હતું. ત્યાર પછી ૧૯૩૦માં ઇંગ્લંડે R-101 નામનું મોટું જહાજ તૈયાર કર્યું, પરંતુ તે જ વર્ષે પહેલીજ સફરમાં અકસ્માત નડતાં એ પણ R-34 ની પેઠે નાશ પામ્યું હતું. આનું મુખ્ય કારણ એમાં વપરાયેલો સળગી ઊઠે તેવો હાઇડ્રોજનનો વાયુજ હતો એમ માનવામાં આવે છે. જો જહાજોમાં હાઇડ્રોજનને બદલે હેલિયમ નામનો સહેજ ભારે વાયુ.વાપરવામાં આવે તો જહાજને સળગી જવાનો ભય રહેતો નથી, કારણ કે એ વાયુ સળગે તેવો નથી.

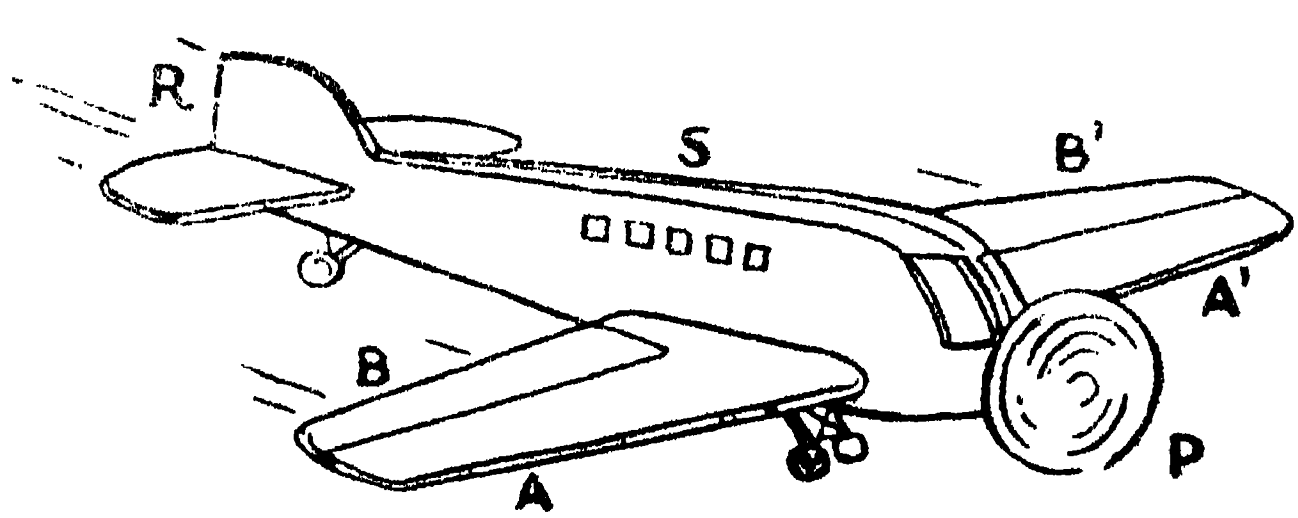
૩. વિમાન Aeroplane હવામાં બલૂનની સહાયતા વિના ઊડી શકાય કે કેમ એ પ્રશ્ન તરફ વૈજ્ઞાનિકોનું ધ્યાન ગયું. અત્યારના વિમાનની શોધ થઇ તે પહેલાં હવાને લીધે ભારે પતંગ ઊડે છે તેમજ હવાને લીધે ભારે પંખી ઊડે છે એ જોઇને બલૂન વિના એવા જ કોઇ બળથી વિમાન બનાવી ઊડી શકાય કે કેમ તે માટે શોધ થવા લાગી. પ્રથમ પતંગ કેમ ઊડે છે એ જોઇશું તો વિમાન કેમ ઊડે એ લક્ષમાં આવશે. પવન વાતો હોય તોજ પતંગ ઊડી શકે છે. આકૃતિ (૭૦)માં અબ પવનની દિશા બતાવે છે. એ પવનનું બળ બે રીતે પતંગ ઉપર અસર કરે છે. એ બાજુમાં બતાવવામાં આવ્યું છે. એમાં અક લીટી પવનના બળનું માપ અને દિશા બતાવે

આકૃતિ ૭૦



છે, એ બળની અસર અક અને અડ જેવડાં બે બળ જેવી થાય છે. અક બળ પતંગ ઉપર શિરોલંબ (vertical) ઊંચે અસર કરે છે અને પતંગના વજનથી પણ વધુ હોવાથી તેને ઊંચે ચઢાવે છે. પવન ખૂબ ધીમો હોય તો અક બળ પતંગના વજનથી ઓછું થશે અને પતંગ નીચે પડશે; પરંતુ જ્યાં સુધી પવનની ગતિ વિશેષ હોય છે ત્યાં સુધી અક બળ પવન અને દોરીના વજન કરતાં વધુ હોઈને પતંગને ઊંચે ઊડતો રાખે છે. હવા સ્થિર હોય તો પતંગની દોરી લઈને દોડવાથી પતંગ ઉપર પવન વાતો હોય તેવી અસર થશે અને પતંગ ઊંચે ઊડશે. આજ રીતે વિમાનને ચલાવવામાં અને ઊંચે ઊડવામાં પવનની ગતિને ઉપયોગમાં લેવાય છે. પતંગના મોટા કાગળને સ્થાને વિમાનની પાંખો કામ કરે છે અને એના ઉપર લાગતા હવાના પ્રવાહને લીધે દબાણ થતાં વિમાન ઊંચે ચઢે એટલું બળ ઉત્પન્ન થતું નથી, એટલો પવનનો બનાવટી પ્રવાહ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. વિમાનના મુખ આગળ એક મોટો વાહક–પંખો P રાખવામાં આવે છે (આકૃતિ ૭૧). એ પંખો હવામાં ફરવાથી હવા આખા વિમાનને આગળ હડસેલે છે. જ્યારે એ વિમાનની ગતિ વધે છે ત્યારે

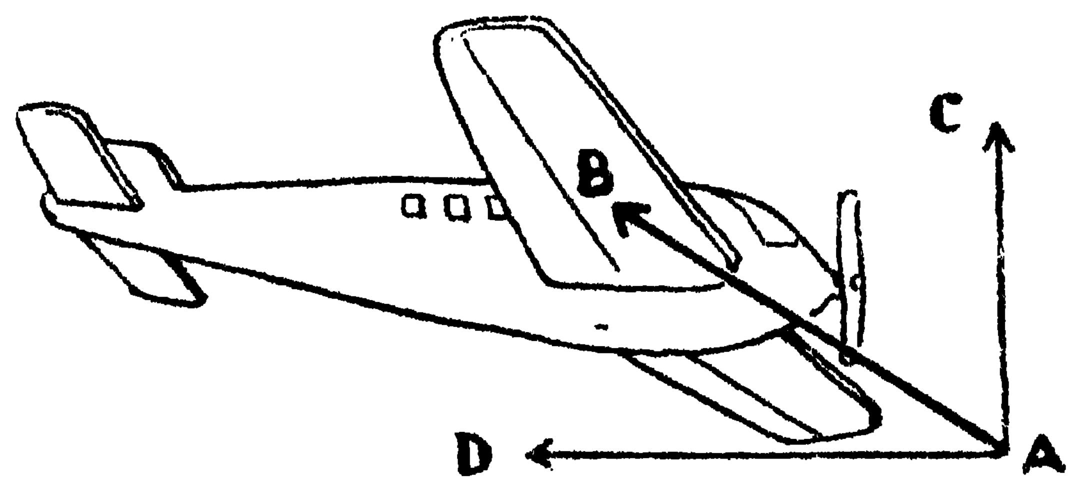
આકૃતિ ૭૧.



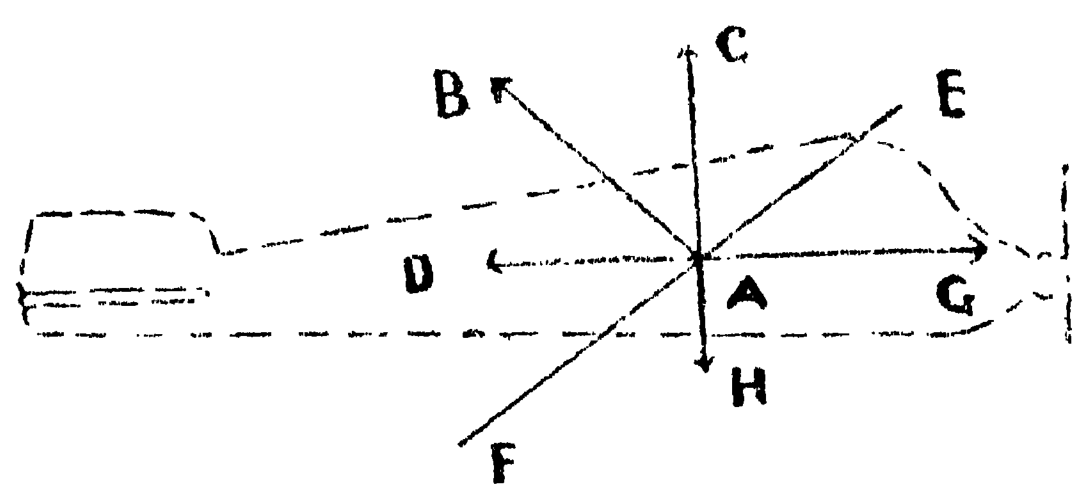
વિમાનની પાંખો (A,A') ઉપર જોરથી પવન લાગે છે. પતંગને માટે બતાવ્યું તેમ હવાના બળને બે ભાગમાં વહેંચી શકાય છે.

એક ઊભું (AC) અથવા શિરોલંબ (vertical) ઊંચે લાગતું બળ વિમાનને હવામાં ઊંચે ચઢાવે છે અને બીજું આડું અથવા સમસૂત્ર (horizontal) (AD) બળ વિમાનને આગળ ગતિ આપે છે (આકૃતિ ૭૨). પવન AB દિશામાં પાંખ ઉપર દબાણ કરે છે. આકૃતિ (૭૩)માં FE પાંખની દિશા બતાવે છે; AB પવનનું બળ છે; એ બળને AC અને AD બળમાં વહેંચી શકાય છે. AH બળ વિમાનનું વજન બતાવે છે,

આકૃતિ ૭૨.



આકૃતિ ૭૩.



અને તે AC બળથી ઓછું હોવાથી વિમાન ઊંચે ચઢે છે. AD બળ વિમાનને પાછળ ધકેલે છે, પરંતુ પંખાથી ખેંચતુ AG બળ વધુ હોવાથી વિમાન આગળ વધે છે.

૪. રાઇટ ભાઇઓ આવી જાતનું બલૂનની સહાયતા વિના ઊડે એવું વિમાન ડેયટન ખાતે રાઇટ નામના બે ભાઇઓએ તૈયાર કર્યું હતું. ઓરવીલ રાઈટ

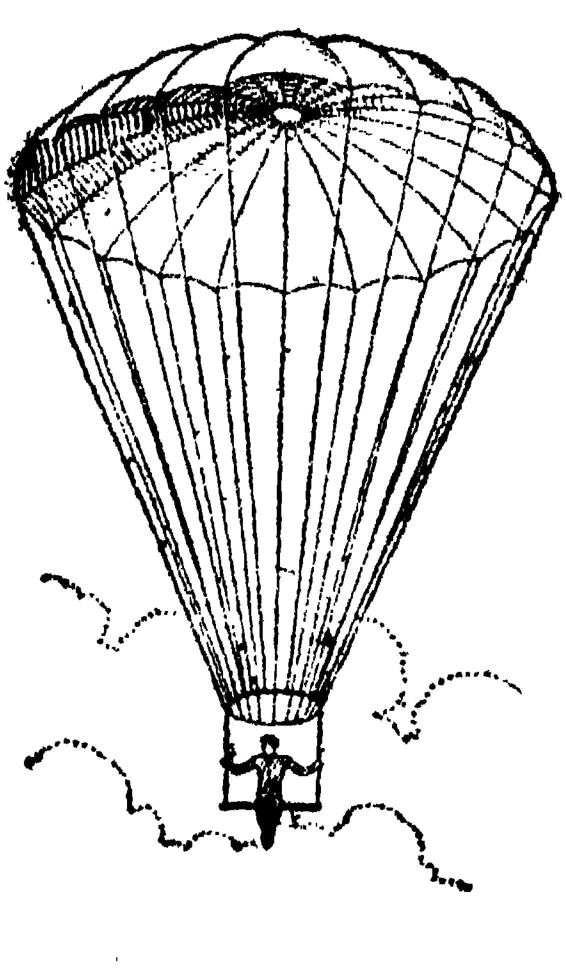
અને વિલ્બર રાઇટ નાના હતા ત્યારે એમના બાપે તેમને નાનું વિમાનની પેઠે ઊડે એવું એક રમકડું આપ્યું હતું એ વખતથી એ બન્ને બાળકોને એવાં યંત્રદ્વારા હવામાં ઊડવાનું મન થયું, એજ અરસામાં જર્મનીમાં લીલિયન્થોલ નામના એક સાહસિકનું ઊડવાના પ્રયત્નમાં મૃત્યુ થયું, એટલે એ બન્ને ભાઇઓને વળી પાછું ઊડવાના પ્રયોગ કરવાનું પ્રોત્સાહન મળ્યું. પ્રથમ એમણે વાહક-પંખા (propeller) વિનાના સરતાં વિમાન (glider) વડે ઊડવાના પ્રયોગોમાં પ્રવીણતા પ્રાપ્ત કરી. આ પ્રયોગમાં સફળતા મેળવ્યા પછી એમણે એમના રમકડાંને લગાડેલો પંખો સરતા વિમાન (glider) ને લગાડ્યો ને સંપૂર્ણ વિમાન ૧૯૦૫ માં તૈયાર કર્યું. વાહક-પંખો (propeller) મોટરના જેવા પેટ્રોલથી ચાલતા એન્જીન વડે ચાલતો હતો. આવી જાતના વિમાન વડે દુનિયામાં સૌથી પહેલાં ૧૯૦૩ ની ૧૭ મી ડિસેમ્બરે ઓરવીલ રાઇટ હવામાં ચાર વખત ઉડ્યો અને વધુમાં વધુ ૫૯ સેકન્ડ સુધી હવામાં રહી એકી વખતે ૮૫૨ ફૂટ અંતર એણે કાપ્યું. આ પછી વિમાનમાં ઘણો સુધારો થયો અને આજે ૨૦૦ થી ૩૦૦ માઇલ ઝડપે જનારાં વિમાન પણ છે. એમના વિમાનને એક ઉપર અને એક નીચે એમ બે પાંખો હતી એટલે એને દ્વિપાંખી વિમાન (biplane) કહેવામાં આવે છે. ત્યાર પછી એકજ પાંખવાળાં વિમાન (monoplane) પણ નીકળ્યાં છે. આવી જાતના એકપાંખી વિમાન વડે બ્લેરૉટ નામના વિમાનીએ બ્રિટિશ ચેનલ પ્રથમ ઓળંગી હતી. આવી જાતના વિમાનને જમીનથી અધ્ધર થવા જમીન ઉપર બહુ લાંબા માર્ગની જરૂર પડતી નથી. દ્વિપાંખી વિમાનને ઊડતા પહેલાં જમીન

ઉપર ઘણે લાંબે સુધી દોડવું પડે છે. અમુક ઝડપે વિમાન ચાલતું થાય એટલે આપોઆપ હવાના બળ વડે વિમાન જમીનથી ઊંચું થાય છે. જમીન ઉપર વિમાન દોડી શકે એ માટે એની નીચે સાઇકલ જેવા પૈંડા રાખવામાં આવે છે.

૫. વિમાની છત્રી (પૅરેશૂટ) Parachute

ઘણીકવાર વિમાનનું એન્જીન બંધ પડી જવાથી અથવા વિમાનને અકસ્માત નડવાથી અંદર બેઠેલા માણસોને વિમાન છોડવાની જરૂર પડે છે. હવામાંથી અદ્ધર વિમાનને પડવા દેવામાં આવે તો માણસ પ્રચંડ ગતિથી નીચે પડે અને જમીન ઉપર અથડાતાં મૃત્યુ પામે. આટલા માટે માણસને જો મોટી છત્રી (આકૃતિ ૭૪) આપવામાં આવે તો છત્રીની અંદર લાગતું હવાનું દબાણ માણસની ગતિના વધારા સાથે વધતું જાય છે, એટલે તે માણસની પડવાની ગતિને ધીમી કરે છે. વિમાન છોડયા પછી એ છત્રી તુરત ખૂલ્લી થઇ જાય એવી વ્યવસ્થા રાખવામાં આવે છે. છત્રી ખલ્લી થાય કે તુરત એમાં ભરાયેલી હવા માણસની ગતિને ધીમી પાડે છે અને હવામાં તરતો તરતો માણસ જરાયે ભય વિના નીચે ઊતરે છે. એ છત્રીની ટોચમાં હવા ધીમેધીમે બહાર બહાર નીકળી શકે તેટલા માટે એક કાણું રાખવામાં આવે છે. એવી છત્રીને પેરેશૂટ્ (parachute) કહેવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૭૪.

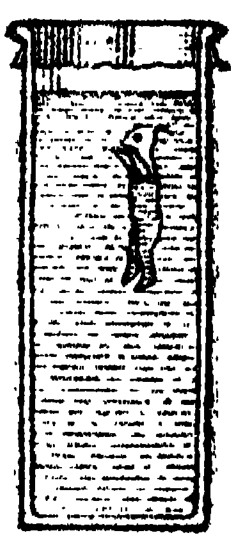


૬. પાણીની અંદરના માર્ગ

હવામાં ઊડવાના સાધન મળ્યાં; પાણીની સપાટી ઉપર તો સૈકાઓથી વ્યવહાર ચાલુ હતો; જમીનની સપાટી અને જમીનના ગર્ભમાં પણ માર્ગ થયા; એટલે વીસમી સદીની શરૂઆતમાં પાણીની અંદર માર્ગ કરી શકાય કે કેમ એ વિષે વિચાર થવા લાગ્યો. કોઇ પણ જહાજ પાણીમાં માર્ગ કાપે તે માટે એ જહાજ પાણીમાં સ્થિર રહે એ આવશ્યક બાબત છે. કેટલીક વસ્તુ પાણીમાં તરે છે, જ્યારે ઘણી વસ્તુ પાણીમાં ડૂબી જાય છે કારણ દરેક વસ્તુની ઘનતા એક સરખી હોતી નથી. વસ્તુના કદના પ્રમાણમાં ઘનતા માપીએ અને એ ઘનતા પાણીની ઘનતાથી વધુ હોય તો તે વસ્તુ પાણીમાં ડૂબી જશે અને ઘનતા પાણીથી ઓછી હોય તો તે વસ્તુ પાણીમાં તરે છે એ નિયમ આપણે આ પહેલાં જોઇ ગયા છીએ. કોઇ ઉપાયથી એક વસ્તુની ઘનતા પાણીની ઘનતાના જેટલી જ કરવામાં આવે તો તેને પાણીની અંદર ગમે તે જગ્યાએ સમતોલ રાખી શકાય. આ નિયમને પૂર્તિ આપતો એક સાદો અને આનંદ ઉપજાવે એવો પ્રયોગ કાર્ટિસિયન ડાઈવર (cartisian divor) નો છે.

૭. કાર્ટિસિયન ડાઈવર Cartisian diver

બાજુમાં બતાવેલી આકૃતિ (૭૫) માં એક પાણીથી ભરેલું વાસણ છે. પાણીની સપાટી ઉપર એક ઢીંગલી તરતી રાખેલી છે, અને એ વાસણનું મોઢું જાડા રબરના પડદાથી બંધ કરેલું છે. ઢીંગલી પોલી છે અને અંદર હવા છે. પ્રથમ એ ઢીંગલીનું વજન સહેજ હલકું હોવાથી તે પાણી ઉપર તરતી રહે છે. ઢીંગલીની એક બારીક



આકૃતિ ૭૫.

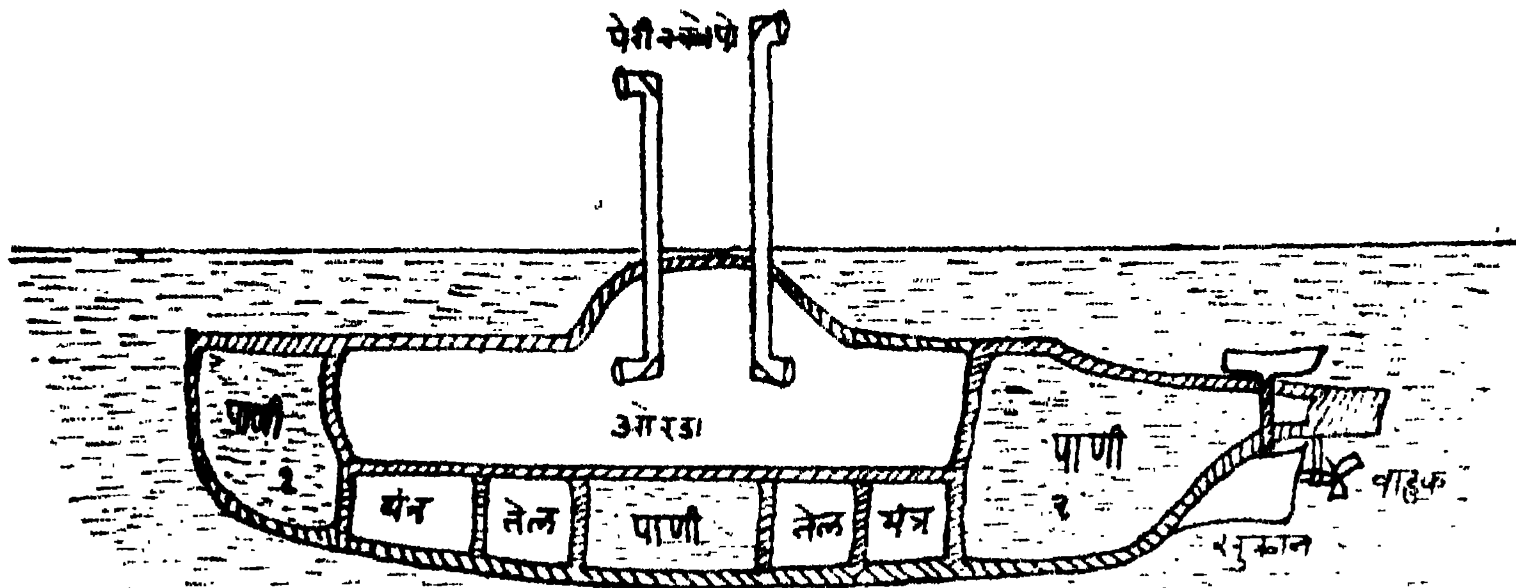
નાકાંવાળી પૂછડી પાણીમાં ડૂબેલી રહે છે. વાસણ ઉપરના પડદા ઉપર દબાણ કરીશું તો પાણીની સપાટી ઉપરની હવા સંકોચાશે અને તેથી પાણી ઊપર દબાણ થશે. આ દબાણની અસર ઢીંગલીની અંદર રહેલી હવા ઊપર થાય છે, અને ઢીંગલીની અંદરની હવા સંકોચાવાથી પૂછડી વાટે ઢીંગલીમાં પાણી દાખલ થાય છે. પૂરતું દબાણ કરવાથી ઢીંગલી-માં વત્તુંઓછું પાણી દાખલ કરી શકાય. આથી કરીને ઢીંગલીનું વજન પણ વત્તુંઓછું થાય છે. શરૂઆતમાં ઢીંગલીનું વજન એટલા જ કદના પાણીના વજનથી માત્ર સહેજ હલકું હોવાથી, ઢીંગલીમાં જરા પાણી દાખલ થાય કે તુરત ઢીંગલીનું વજન પાણીના વજન જેટલું અથવા તેથી પણ વધુ થઇ જાય છે. આથી પડદા ઉપર સહેજ દબાણ કરતાં ઢીંગલી પાણીમાં ડૂબકી મારતી માલૂમ પડે છે. દબાણ જો વધુ હશે તો ઢીંગલી તળિયે જઇ બેસશે. પડદા ઉપરનું દબાણ ધીમે ધીમે ઓછું કરીશું તો ઢીંગલીમાંની હવા પણ વિસ્તાર પામશે અને તેમાંનું પાણી બહાર આવતાં ઢીંગલી હલકી થઇ ઊંચે ચઢશે. જો દબાણ એવી રીતે કરવામાં આવે કે જેથી ઢીંગલીનું કુલ વજન તેટલા જ કદના પાણીના વજન જેટલું જ થાય તો, ઢીંગલી પાણીમાં કોઇપણ જગ્યાએ સ્થિર રહેશે. દબાણ ઓછું કરવામાં આવશે તો ઢીંગલી ઊપર આવશે અને વધુ કરવામાં આવે તો અંદર ડૂબકી મારશે. સબમરીનમાં પણ આગળ કહેલું તેમ એ જ નિયમનો ઉપયોગ થાય છે.

૮. સબમરીન

સબમરીન ખાસ કરીને લડાઇમાં વધુ ઉપયોગમાં આવે છે. એની અંદરથી ટોર્પેડો (બૉમ્બ) પાણીમાં જ છોડવામાં આવે છે. જોઇ ન શકાય

એમ પાણીમાં જ માર્ગ કાપી મોટી સ્ટિમરની છેક નજીક પહોંચીને એ ટોર્પેડો છોડીને સ્ટિમરને ભાંગી નાંખે છે. ટોર્પેડો

આકૃતિ ૭૬.



પણ એક નાનું સરખું સબમરીન જેવું જ યંત્ર છે. એની અંદર બૉમ્બમાં હોય છે તેવાં રસાયણો રાખેલાં હોય છે. ટોર્પેડો સ્ટિમરની સાથે અથડાતાં ભયંકર બળ સાથે ફૂટે છે, અને સ્ટિમરના ભૂકા કરી નાંખે છે. સબમરીનની રચના સાધારણ રીતે આકૃતિ (૭૬) માં બતાવ્યા પ્રમાણે હોય છે. એમાં સંકોચેલી હવા (compressed air) ની નળીઓ રાખવામાં આવે છે અને તેનો ઉપયોગ ખાસ કરીને અંદર દાખલ કરેલા પાણીને બહાર કાઢવા માટે થાય છે.

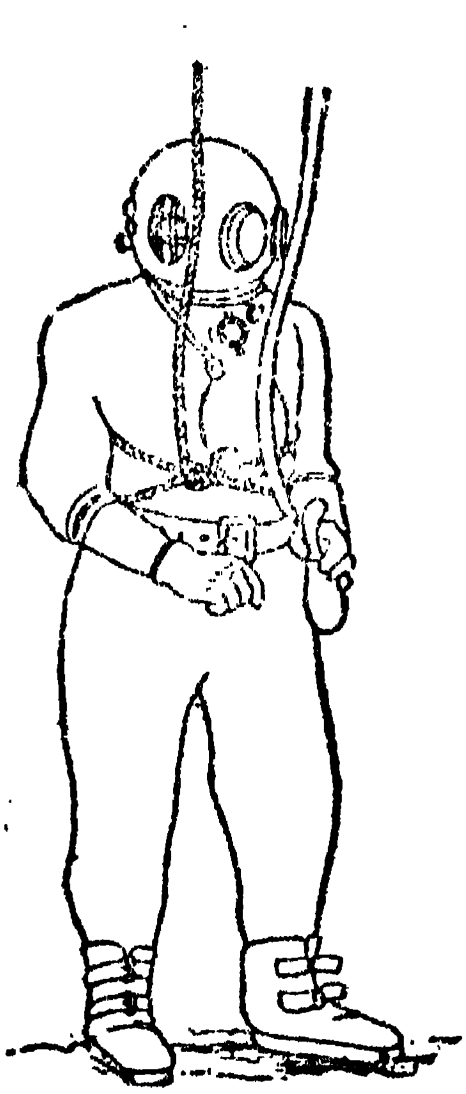
ઉપર પેરીસ્કોપ બતાવેલા છે. એ નળીમાં બે ત્રિપાર્શ્વ (prisms) રાખવામાં આવેલા છે, એટલે સપાટી ઉપરની વસ્તુઓ અંદર બેઠાં બેઠાં જોઇ શકાય છે. સબમરીનના નીચેના ભાગમાં ડાબી અને જમણી બાજુએ બતાવેલાં ૧ અને ૨ ખાનામાં જરૂર પડે તો વત્તું ઓછું પાણી દાખલ કરી સબમરીનને પાણીમાં સમતોલ રાખી શકાય છે. સબમરીનને પાણીમાં ડુબાવવી હોય તો વધુ પાણી દાખલ કરી સબમરીનને ભારે

કરવામાં આવે છે અને જ્યારે સમુદ્રની સપાટીની ઉપર આવવું હોય ત્યારે સંકોચાયેલી હવા વડે પાણી બહાર કાઢી નાંખવામાં આવે છે. સબમરીનને છેડે વાહુક–પંખો (propeller) હોય છે અને તે વડે સબમરીનને પાણીમાં ચલાવવામાં આવે છે. પાણીની અંદર જેમ ઊંડે જઇએ તેમ પાણીનું દબાણ વધે છે એટલે ઘણુંખરું સબમરીન એક માઇલથી વધુ ઊંડે જઇ શકતી નથી. જો એથી વધુ ઊંડે જાય તો પાણીનું દબાણ એટલું પ્રચંડ થાય કે તેથી સબમરીન દબાઇને ભાંગી જાય છે. ઘણુંખરું સબમરીનને ૧૫૦ થી ૨૦૦ ફૂટથી વધુ ઊંડાઇએ લઇ જવામાં આવતી નથી.

૯. મરજીવો પોષાક
Diver's suit

દરિયાના તળિયાંમાં શોધ કરવા, ઇજનેરી કામ કરવા અથવા મોતી કાઢવા સારૂ ઊતરવું પડે છે. મોતી કાઢવા માટે મરજીવા લોકો એક પત્થર બાંધી પાણીમાં ઊતરે છે અને ચારપાંચ મિનીટ સુધી અંદર તપાસ કરી પાછા ઉપર નીકળી આવે છે, આ રીતે બીજા કોઇ રક્ષણ વિના પાણીમાં ઊતરવું જોખમભરેલું છે; કારણ કે ૩૪ ફૂટ નીચે ઊતરતાં બીજું હવાનું એક વાતાવરણ જેટલું જ દબાણ વધી જાય છે. પાણીના આ દબાણથી રક્ષણ કરવા માટે અને લાંબો વખત પાણીમાં જ હવા લઇ કામ કરી શકાય તે માટે મરજીવાનો પોશાક (diver's suit) વપરાય છે (આકૃતિ ૭૭). આ પોશાક રબરનો બનાવેલો

આકૃતિ ૭૭.



છે. એના માથા ઊપર લેાખંડની ટેાપ હેાય છે અને તેમાંથી બહાર જોવા માટે કાચની બે બારીએા રાખવામાં આવે છે. ઘણુંખરૂં મરજીવા (diver)ને એક રબરની નળી વાટે બહારની હવા આપવામાં આવે છે. વપરાયેલી હવા એક વાલ્વદ્વારા પાણીમાં કાઢી નાંખવામાં આવે છે. ઘણી વખત એ પેાતાની સાથેની એક નળીમાં સંકેાચેલી હવા લઇ નીચે ઊતરે છે અને એ હવા એના પેાશાકમાંથી ધીમે ધીમે છેાડતેા જાય છે. એને ઉપર આવવું હેાય છે ત્યારે તેના પેાશાકમાં જ વધુ પડતી હવા એ રેાકી રાખે તેા એ માણુસ આપેાઆપ ઊંચે તરી આવે છે. પાણીમાં ડૂબવા માટે એ પેાશાકની જ સાથે કમરમાં એક સીસાંનેા બનાવેલેા વજનદાર પટ્ટો રાખેલેા હેાય છે, એને પગના તળિયાંમાં ઘણું સીસું રાખેલું હેાય છે. ઘણે ભાગે ૬૦ કે ૮૦ ફૂટથી વધુ ઊંડાઇએ મરજીવા જઇ શકતા નથી. એટલી ઊંડાઇએ એના શરીર ઉપર પાણીનું દબાણ (હવામાનના દબાણ ઉપરાંત) બે વાતાવરણ જેટલું થાય છે, અને એથી વિશેષ દબાણ એને માટે જોખમકારક છે. આમ છતાં ૧૯૧૫ માં ફ્રૅન્ક ક્રીલી નામનેા માણુસ યુનાઇટેડ સ્ટેઇટ્સની હેાનેાલુલુ આગળ ડૂબી ગયેલી (F-4) સબમરીનની શેાધ કરવા ૨૦૪ ફૂટ ઊંડાઇ સુધી ઊતરી ગયેા હતેા.

સાર

૧. હવાથી હલકી એટલે હવાથી ઓછી ઘનતાવાળી વસ્તુ હવામાં તરે છે. બલૂનના કેાથળીમાં હાઇડ્રોજન અથવા હેલિયમ જેવા હવાથી હલકા વાયુ ભરવાથી તે હવામાં તરતું થઇ જાય છે.

૨. વિમાન હવાથી ભારે છે, પરંતુ હવામાં ઊડે છે તેનું કારણ એ હેાય છે કે તેના ઊપર હવાના બનાવટી પ્રવાહનું દબાણ લગાડવામાં

આવે છે. પવન વાતો હોય તેમાં પતંગ ઊડે છે, કારણ કે પતંગ ત્રાંસો રહેવાથી હવાનો પ્રવાહ તેના ઉપર ઊંચું દબાણ કરે છે. આ દબાણથી પવન હવામાં દોરીના વજન સાથે સમતોલ રહે છે. વિમાન વધુ ભારે હોવાથી હવાનો મોટો પ્રવાહ જોઇએ છે. એ પ્રવાહ વિમાનના પ્રોપેલર (વાહક પંખા) વડે પેદા કરવામાં આવે છે. પ્રોપેલર ફરવાથી હવાનો પ્રવાહ પેદા થાય તે વિમાનની પાંખ ઉપર દબાણ કરી વિમાનને હવામાં સમતોલ કરી આગળ ખેંચે છે.

૩. વિમાન જોખમમાં હોય ત્યારે પેરેશ્યુટ (વિમાની છત્રી) વડે માણસ કૂદી પડી જમીન ઉપર આવે છે. છત્રી પહોળી હોવાથી ઝડપથી નીચે ઊતરતાં તેના ઉપર હવાનું ખૂબ દબાણ થાય છે. એ દબાણથી પડનાર માણસની ગતિ ધીમી પડે છે.

૪. સબમરીનવડે પાણીની અંદર ઊતરી માર્ગ કપાય છે. વહાણો કદના પ્રમાણમાં પાણીથી હલકાં છે એટલે તરે છે. સબમરીન પણ પાણી ઉપર તરે ત્યારે હલકી હોય છે. પરંતુ એમાં વત્તુંઓછું પાણી દાખલ કરવાથી તેને ભારે બનાવી પાણીમાં ડૂબાવી શકાય છે. જ્યારે ઉપર આવવું હોય ત્યારે સબમરીનની અંદર દાખલ થયેલું પાણી સંકોચેલી હવા વડે દબાણ કરી બહાર કાઢવામાં આવે ત્યારે સબમરીન પાછી સપાટી ઉપર આવે છે.

૫. પાણીમાં ડૂબકી મારી શોધ કરવા માટે મરજીવો પોષાક વપરાય છે. એ પોષાક ચારે બાજુથી બંધ હોય છે અને નીચે ઊતરવા માટે સરળતા પડે તેથી નીચે સીસા વડે ભારે બનાવેલો હોય છે. જોવા માટે કાચની બારી અને શ્વાસ લેવા માટે સંકોચેલી હવા તેમાં હોય છે. કેટલીક વાર ચોકખી હવા ઉપરથી રબરની નળીદ્વારા પણ આપવામાં આવે છે.

પ્રકરણ ૮

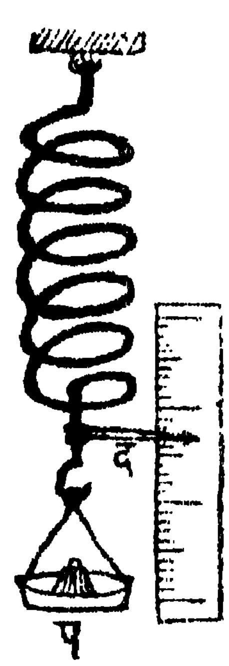
સ્થિતિસ્થાપકતા

૧. સ્થિતિસ્થાપકતા Elasticity જગતમાંની ઘણીખરી વસ્તુ સ્થિતિસ્થાપક હોય છે. સાધારણ રીતે સ્થિતિસ્થાપકતાનો ગુણ રબરની પટી વડે ધ્યાનમાં આવે છે. રબરની પટી ખેંચીને છોડી દેવાથી માલૂમ પડે છે કે તે પાછી પોતાની અસલની લંબાઈએ કે સ્થિતિએ આવી જાય છે. આનું કારણ તેની સ્થિતિસ્થાપકતા જ છે. સ્થિતિસ્થાપકતાનો ગુણ દ્રવ્યની અંદર અણુઓના એકમેકના આકર્ષણબળને લીધે આવે છે. આપણે જાણીએ છીએ કે ઘન વસ્તુના અણુ એકમેકની સાથે ઘણા બળથી સંયુક્ત રહે છે, એટલે ઘન વસ્તુને બળથી ખેંચવામાં આવે તો તેને ખેંચવામાં મુશીબત પડે છે. એક લોખંડનો તાર, રબરની પટી, ધાતુની કમાન વગેરેને સાધારણ બળ વાપરી અમુક હદ સુધી ખેંચવામાં આવે અને પછી બળ ખસેડી લેવામાં આવે તો માલૂમ પડે છે કે એ સર્વ વસ્તુ પોતાની અસલ સ્થિતિએ પાછી આવી જાય છે. આનું કારણ દ્રવ્યના અણુના એકમેક ઉપર થતા આકર્ષણનું જ છે. સ્થિતિસ્થાપકતા એટલે પોતાના અસલ સ્વરુપમાં આવવાનો વસ્તુનો ગુણ. એક વસ્તુની ઉપર બળ લગાડવામાં આવે અને તે બળ પાછું દૂર કરતાં વસ્તુ પાછી પોતાના અસલ સ્વરૂપ ઉપર આવી રહે તો તે વસ્તુ સ્થિતિસ્થાપક કહેવાય છે. કેટલીક વસ્તુ ખેંચાવાથી પાછી પોતાના અસલ સ્વરૂપ ઉપર આવી શકતી નથી તે વસ્તુ સ્થિતિસ્થાપક કહેવાતી નથી. દરેક વસ્તુ ઓછીવત્તી સ્થિતિ-

સ્થાપક હોય છે. એક લોખંડની કમાન લઈએ અને તેવી જ તાંબાની કમાન લઇએ તો માલૂમ પડશે કે લોખંડની કમાન વધુ સ્થિતિસ્થાપક છે. તાંબાની કમાન ઉપર સાધારણ ભારે વજન લગાડી પાછું લઇ લેવામાં આવે તો તે અસલના કરતાં સહેજ લાંબી થયેલી માલૂમ પડશે, પરંતુ લોખંડની કમાન તેવડીજ રહેશે.

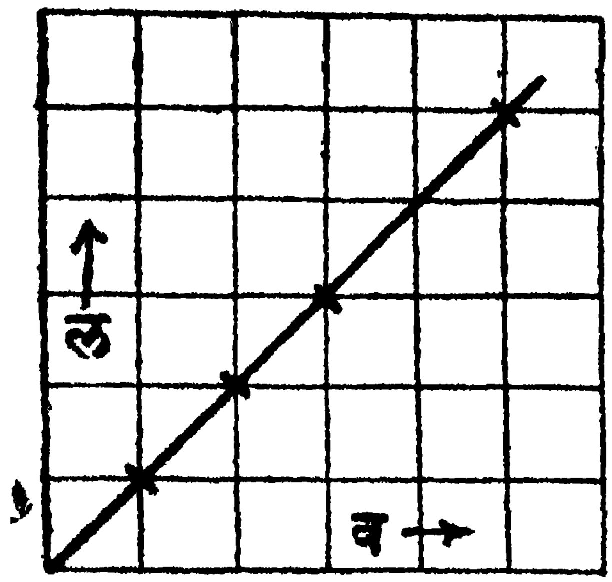
૨. હૂકનો નિયમ Hook's law પ્રયોગ : (૧) આકૃતિ (૭૮) માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે એક કમાન લો. એ કમાનને એક નાનું પલ્લું બાંધો અને એક દર્શક द (pointer) લગાડો. નીચે લટકાવેલાં પલ્લામાં અનુક્રમે ૫, ૧૦, ૧૫, ૨૦ ગ્રામ વજન મૂકતાં દર્શક કેટલું નીચે ઊતરે છે તેની બાજુની માપ પટી (rule) ઉપરથી નોંધ કરી લંબાઇમાં થયેલો વધારો શોધો. તમારાં અવલોકન નીચે પ્રમાણે નોંધો. વજન કાઢી લેતાં દર્શક પાછો કયાં આવે છે તે ધ્યાનમાં લો.

આકૃતિ ૭૮



વજન ગ્રામમાં व	કમાનની લંબાઇમાં થયેલો વધારો સેન્ટિમિટરમાં ल	વજન / લંબાઇનો વધારો = व/ल
૫		
૧૦		
૧૫		
૨૦		

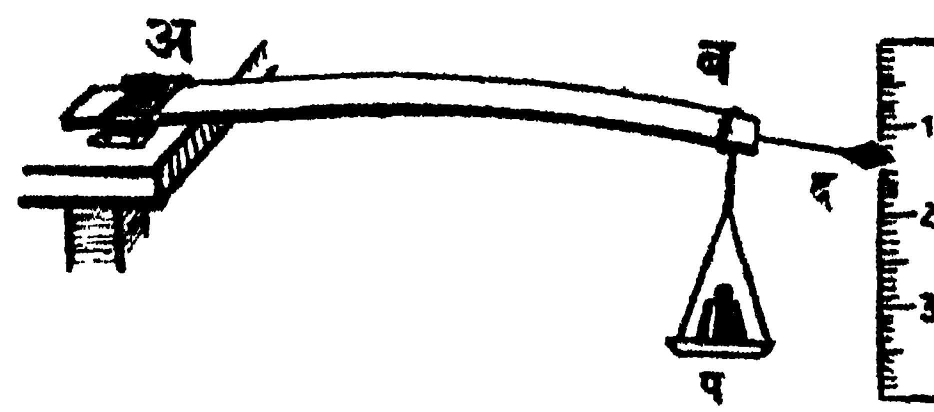
આકૃતિ ૭૯



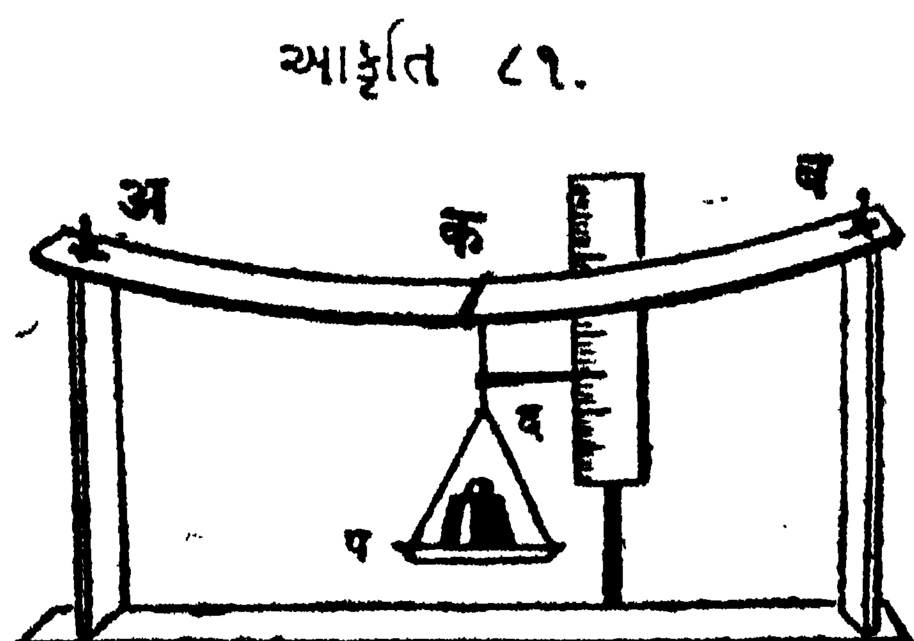
આકૃતિ (૭૯) માં બતાવ્યા મુજબનો વ અને લ નો ગ્રાફ દોરો. ઉપરની નોંધ અને ગ્રાફ ઉપરથી શું અનુમાન કાઢી શકો છો? એક નાની રેતીની કોથળી બાંધી પલ્લામાં મૂકી તેનું વજન શોધી કાઢો.

(૨) આકૃતિ (૮૦) માં દર્શાવ્યા મુજબ એક લાંબી લાકડાંની પટીનો છેડો અ ટેબલ સાથે જડી દો અને બીજો છેડો બ ઝુલતો રાખો. બ છેડાને બતાવ્યા મુજબ એક નાનું પલ્લું પ અને દર્શક દ બાંધો. પલ્લામાં વારાફરતી ૫, ૧૦, ૧૫, ૨૦ ગ્રામ વજન મૂકી પટી કેટલી વળે છે તે માપપટી ઉપરથી દર્શક વડે શોધી કાઢો. તમારાં અવલોકન ઉપર બતાવેલા કોઠામાં નોંધો. ૧૭ ગ્રામનું વજન પલ્લામાં મૂકયું હોય તો પટી કેટલી વળશે તે શોધી કાઢો. મૂકેલાં વજન કાઢી લેતાં દર્શક પાછો કયાં આવે તે ધ્યાનમાં લો.

આકૃતિ ૮૦.



આકૃતિ ૮૧.



(૩) ઉપરની પટીને આકૃતિ (૮૧) માં બતાવ્યા મુજબ અ અને બ આગળ આવેલા બે ટેકા ઉપર મૂકો. પટીને અ ને બ ની વચ્ચે ક આગળ પલ્લું બાંધો અને માપપટી ઉપર આંક દર્શાવે એવો એક દર્શક દ પલ્લાંને

બાંધો. પલ્લાંમાં અનુક્રમે ૫, ૧૦, ૧૫, ૨૦, ૨૫ગ્રામ વજન મૂકી પટી કેટલી નીચી નમે છે તે શોધી કાઢો.

(૪) પટીની જુદી લંબાઇ લઇ પ્રયોગ (૨) અને (૩) ફરીથી કરો અને અવલોકન ઉપલા પ્રયોગો સાથે સરખાવો.

પટીને કોડી રાખી ફરીથી ઉપરના પ્રયોગ કરો. મૂકેલાં વજન કાઢી લેતાં દર્શક પાછો ક્યાં આવી રહે છે તે ધ્યાનમાં લો. તમારાં અવલોકન પ્રયોગ (૧) માં બતાવેલા કોઠામાં નોંધો અને વ લ નો ગ્રાફ દોરો.

પ્રયોગ (૨) અને (૩) અને (૪) માં એક સરખાં વજનથી કયી સ્થિતિમાં પટી ઓછી વાંકી વળે છે એ તારવી કાઢો.

(૫) એક સાઇકલનો પંપ લઇ તેનું નીચેનું કાણું બંધ કરો. હવે જોરથી પિસ્ટનને દબાવો. હવા સંકોચાશે. પિસ્ટનને છોડી દો. પિસ્ટન પાછો અસલ સ્થિતિએ ધકેલાઇ આવશે.

ઉપરના પ્રયોગો ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે કમાન ઉપર ભાર લગાડતાં તે લાંબી થાય છે, પરંતુ વજન કાઢી લેતાં પાછી અસલ સ્થિતિ ઉપર આવી જાય છે. પટીનાં વળવાના પ્રયોગો ઉપરથી પણ એજ વસ્તુ તારવી શકાય છે કે પટીને ભાર લગાડતાં વાંકી વળે છે, પરંતુ ભાર કાઢી લેતાં પાછી અસલ સ્થિતિને પ્રાપ્ત કરે છે. પંપના પ્રયોગ ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે પંપમાં ભુંગળીમાંની હવા દબાણ કરવાથી સંકોચાય છે અને દબાણ દૂર કરતાં પાછી અસલ કદ જેટલી વિસ્તાર પામે છે. આ ઉપરથી ખાતરી થાય છે કે કમાન, પટી, હવા વગેરે સ્થિતિસ્થાપક છે, એટલે કે તેમના ઉપર દબાણ થતાં તેમની લંબાઇ, આકાર અથવા કદમાં ફેરફાર થાય છે, પરંતુ દબાણ દૂર કરતાં તે સર્વ પાછાં અસલ સ્થિતિ ઉપર આવી જાય છે. અમુક હદથી વધુ બળ કરવામાં આવે તો વસ્તુ પોતાનો

અસલ આકાર પ્રાપ્ત કરી શકતી નથી. આ હદને સ્થિતિસ્થાપક મર્યાદા (elastic limit) કહેવામાં આવે છે. હૂકનો નિયમ આ મર્યાદામાં લાગુ પડે છે.

ઉપર દર્શાવેલા ૧, ૨, ૩ પ્રયોગના છેલ્લા કોઠાના અવલોકન અને ગ્રાફ ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે કમાનની લંબાઇનો વધારો (લ) મૂકેલાં વજન (વ) ના પ્રમાણસર જ રહે છે. એટલે કે લ/વ ગુણોત્તર (ratio) એકમૂલ્ય (constant) રહે છે. ગ્રાફ ઉપરથી પણ એ જ વસ્તુ સ્પષ્ટ થાય છે. કમાન ઉપર ૧૦ ગ્રામ ભાર મૂકતાં જો દર્શક ૨.૫ સેમિ. નીચે આવે તો ૨૦ ગ્રામ ભાર મૂકતાં ૫ સેમિ. નીચે આવશે. એ જ પ્રમાણે પ્રયોગ ૨ અને ૩ માં પટીનો વળાંક લ અને ઉપર લગાડેલાં વજન વ નો ગુણોત્તર પણ એકમૂલ્ય રહે છે. વજન બમણું થાય તો પટીનો વળાંક પણ બમણો થાય છે. ૧૦ ગ્રામના ભારથી પટી ૨ સેમિ. વાંકી વળતી હોય તો ૨૦ ગ્રામના ભારથી ૪ સેમિ. વાંકી વળશે. ગ્રાફ ઉપરથી પણ આ બાબત સ્પષ્ટ થાય છે. આ સ્થિતિસ્થાપકતાનો બીજો નિયમ છે અને તેને હૂકનો નિયમ કહેવામાં આવે છે. એ નિયમ નીચે પ્રમાણે છે.

" એક વસ્તુ ઉપર લગાડેલાં બળથી તેના આકાર, કદ અથવા લંબાઇમાં થતો ફેરફાર બળના પ્રમાણસર જ હોય છે. "

આ નિયમ ઉપરથી આપણી ખાતરી થાય છે કે

જો લ = કદ, વળાંક અથવા લંબાઇનો ફેરફાર

અને વ = વસ્તુ ઉપર લગાડેલું બળ હોય

તો $\frac{\text{લ}}{\text{વ}}$ = એકમૂલ્ય આંકડો.

હવે જો વ બદલે $વ_૧$ બળ લગાડીએ તો વસ્તુના કદ, વળાંક કે લંબાઇનો ફેરફાર $લ_૧$ કેટલો થશે તે પણ તુરત જ શોધી કઢાશે, કારણ કે

$$\frac{લ_૧}{વ_૧} = \frac{લ}{વ} = \text{એકમૂલ્ય આંકડો.}$$

૩. કમાનના ઉપયોગ

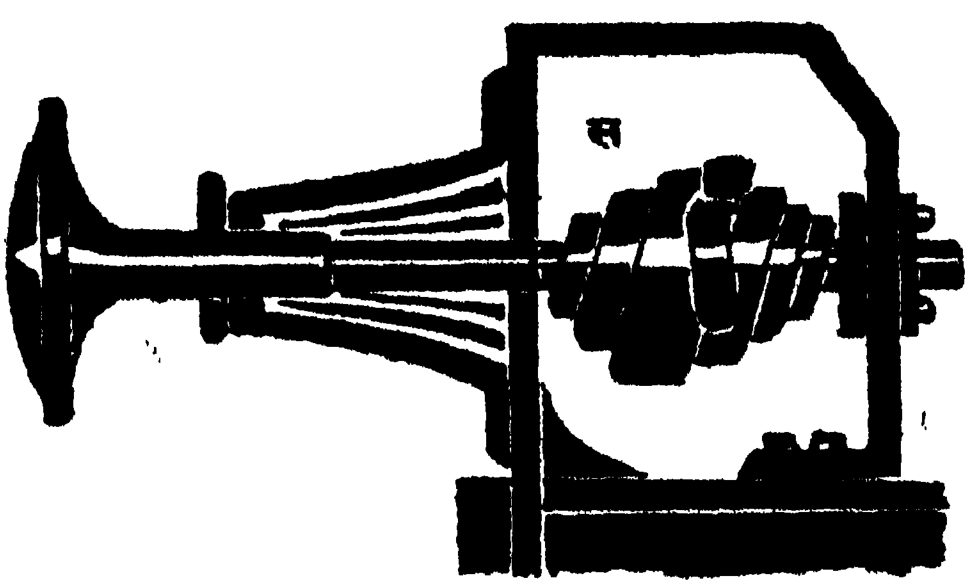
પ્રયોગ ૧ ઉપરથી સમજાય છે કે કમાનનો ત્રાજવાં તરીકે ઉપયોગ થઈ શકે છે. એક કમાન લઇને અમુક વજનથી થયેલો લંબાઇનો વધારો તેની ઉપરની આંકપટી વડે નોંધી તેના સરખા વિભાગ કરવાથી કમાનકાંટો (spring balance) તૈયાર થાય છે. ગમે તે ભાર હવે કમાનકાંટાના પલ્લાંમાં મૂકીએ તો તેનાથી કમાનની લંબાઇમાં થતો વધારો ભારના પ્રમાણુસર હોવાથી આંકપટી ઉપરથી તે ભારનું માપ નોંધી શકાય છે.

કમાનકાંટો વસ્તુનો ભાર નોંધે છે, કારણ કે એની લંબાઇમાં થતો વધારો મૂકેલાં વજનના ભાર (બળ) જેટલો થાય છે. જો એક જ વજનને કમાનકાંટા વડે આપણે પૃથ્વીની સપાટી ઉપર અને ત્યાર પછી ઊંચા પર્વત ઉપર જઇને તોલીએ તો કમાનકાંટો જુદાં જુદાં વજન બતાવશે; કારણ કે એક વસ્તુ ઉપર લાગતું ગુરૂત્વાકર્ષણનું બળ ઊંચે જતાં ઓછું થાય છે. દાંડીવાળાં ત્રાજવાંથી વજનનો વધારો કે ઘટાડો માલૂમ પડતો નથી; કારણ કે એમાં બે વજનથી દાંડી સમતોલ રાખવામાં આવે છે. જુદે જુદે સ્થળે બન્ને વસ્તુ ઉપર લાગતાં બળમાં વધઘટ સરખી જ થાય છે, એટલે ત્રાજવાંની દાંડી સમતોલ જ રહે છે અને વજનનો ફેરફાર નોંધી શકાતો નથી. કમાનકાંટા વડે જ એ ફેર નોંધી શકાય છે; કારણ કે એમાં

એક જ વસ્તુની ઉપર લાગતા બળનું માપ કમાનની લંબાઈ બતાવે છે.

કમાનના સ્થિતિસ્થાપકપણાનો ઉપયોગ બે વસ્તુ અથડાય તો તેનો પ્રત્યાઘાત (reaction) કરી નુકસાન ન થાય તેટલા માટે થાય છે. જો કમાનને બળ કરી દબાવીએ તો તે તેટલા જ બળથી પ્રત્યાઘાત કરે છે અને બળ લઇ લેતાં વળી પાછી અસલ સ્થિતિએ આવે છે. જેટલું બળ કમાન ઉપર લાગે છે તેટલાજ બળથી એ પ્રત્યાઘાત કરે છે અને બળના પ્રમાણમાં સંકોચાય છે. આનો ઉપયોગ ગાડીના બફર્સ (buffers) માં થાય છે (આકૃતિ ૮૨).

આકૃતિ ૮૨



એ ગાડીના ડબ્બા જોડતી વખતે સાથે સાથે લાવવા પડે છે, અને પાટા ઉપર ચાલતા હોવાથી નજીક આવતાં એ ડબ્બા ઘણે ભાગે એક બીજા સાથે જોરથી અથડાય છે. જો એ ડબ્બા બીજા કોઇ રક્ષણ વિના સામસામા અથડાય તો જરૂર તેમને નુકશાન પહોંચે. બે ધાતુના વાસણ સાધારણ ગતિથી અથડાય તો પણ એની અંદર ગોબા પડે છે, તો મોટા વજનના ડબ્બા અથડાય તો જરૂર તે ભાંગી જાય, અથવા બેવડ વળી જાય. આમ નુકસાન થતું અટકાવવા આકૃતિ (૮૨) માં બતાવેલી રચના કરવામાં આવે છે. બે અથડાતી વસ્તુના પ્રત્યાઘાતરક્ષક સાધનને બફર્સ (buffers) કહેવામાં આવે છે. એમાં એક જાડો ધાતુનો

સળિયો એક નળીમાં સરે એમ ગોઠવેલો હોય છે. એ સળિયાના બહારના ભાગ ઉપર એક ઘણી સ્થિતિસ્થાપક કમાન વિંટાળેલી હોય છે. એવાજ પ્રકારના બીજાં બફર સાથે જ્યારે એ અથડાય છે ત્યારે સામેના બળથી સળિયો નળીમાં સરવાનો પ્રયત્ન કરે છે, પરંતુ કમાન તેની સ્થિતિસ્થાપકતાને લીધે સળિયાને નળીમાં સરતાં પ્રત્યાઘાત કરી એના ઉપરના બળનો અવરોધ (resist) કરે છે. એવી જ રીતે સામેનું બફર પણ બળનો પ્રત્યાઘાત કરી અવરોધ કરે છે. આથી બન્ને બફર્સના સામસામી પ્રત્યાઘાતથી અથડાતા ડબ્બાનું બળ એકદમ ઓછું થઇ જાય છે અને કમાનની સ્થિતિસ્થાપકતાને લઇને એ ડબ્બા અથડાઇને સ્થિર થઇ જાય છે. વળી એ પ્રત્યાઘાત પણ ક્રમશઃ (gradually) થાય છે, કારણ કે જેમ કમાન સંકોચાતી જાય તેમ તેનું સ્થિતિસ્થાપક બળ વધતું જાય છે. કમાનનું પ્રત્યાઘાતી બળ ક્રમશઃ વધીને અંતે સામેના બળને અટકાવી દે છે.

એવા જ ગુણથી આપોઆપ ઢંકાઇ જાય તેવા દરવાજામાં તેમજ બીજાં યાંત્રિક સાધનોમાં કમાન લગાડવામાં આવે છે.

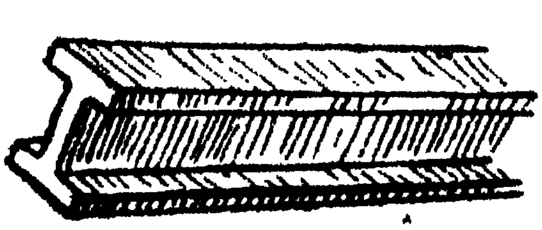
દરવાજો ઊઘાડતાં કમાન લાંબી થાય છે, પરંતુ દરવાજો છોડી દેતાં કમાન અસલ સ્થિતિ પ્રાપ્ત કરે છે અને દરવાજો બંધ થઇ જાય છે. સોફા, તકિયા, તળાઇ વગેરેમાં પણ કમાન ઊપલા કારણથી જ નાંખવામાં આવે છે.

૪. પટીનું વળવું
Bending of beams

પ્રયોગ (૨) ઊપરથી માલૂમ પડે છે કે જો વધુ વજન મૂકીએ તો પટી વધુ વાંકી વળે છે. ઓછું વજન મૂકીએ તો ઓછી વળે છે. જો આજ પટીના બન્ને છેડા

પ્રયોગ (૨)માં બતાવ્યા પ્રમાણે રાખી અને પટીની વચ્ચે વજન લગાડીએ તો માલૂમ પડે છે કે એ પટી વાંકી વળે છે, પરંતુ પહેલાંના જેટલી નહિ. આ ઉપરથી સમજાય છે કે પટીને બે છેડે જડવાથી તે વધુ ભાર ખમી શકે છે. હવે એ જ પટીને સપાટ ન મૂકતાં કોડી કરી જડીને (નાની બાજુ ટેબલ ઉપર રહે તેમ) વચ્ચે વજન મૂકીએ તો માલૂમ પડે છે કે એ બહુજ ઓછી વળે છે. આ ત્રણે પ્રયોગ ઉપરથી એટલું સાબિત થશે કે (૧) એક પટી એક જ બાજુ જડી હોય તો વધુ વળે છે, (૨) પટીને સપાટ મૂકી બન્ને બાજુ જડી વચ્ચે ભાર મૂકવાથી એક બાજુ જડેલી પટી કરતાં ઓછી વળે છે, (૩) પટીને કોડી રાખી વચ્ચે ભાર મૂકવાથી ઘણી જ ઓછી વળે છે અને (૪) પટી જેમ લાંબી થાય છે તેમ એક સરખું વજન લગાડવાથી વધુ વાંકી વળે છે. આજ નિયમને આધારે ઘર બાંધવામાં જે લાકડાંનો ભારટો ઉપર વજન આવતું હોય તેને કોડી રાખી જડવામાં આવે છે, એટલે કે ભારટની નાની બાજુ સપાટ રાખી મોટી બાજુ ઊભી રાખવામાં આવે છે. ગાડીના પાટા પણ આજ કારણથી સાંકડા અને ઊંચાઇમાં વધુ રાખવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૮૩



ગાડીના પાટા.

અત્યારે ઘર બાંધવામાં આકૃતિ (૮૩) માં બતાવ્યા છે તેવા લોખંડના પાટા જ વપરાય છે. એના વચ્ચેના ભાગની પહોળાઈ બહુ ઓછી હોવા છતાં ઊંચાઇ વધુ હોય છે એટલે પ્રમાણમાં ખૂબ ભાર ઝીલી શકે છે.

ઘડિયાળની કમાનને ચાવી આપી ગોળ વિંટાળવાથી સ્થિતિસ્થાપકતાના ગુણથી ઉકલવા માંડે છે અને તેથી ઘડિયાળ

લાંબો વખત ચાલુ રહે છે. ભારે ગાડીના ડબ્બા, મોટરગાડી, ઘોડાગાડી વગેરે વાહનો ઘણી ઝડપથી જતાં હોય ત્યારે તેની અંદર ખૂબ આંચકાઓ લાગે છે તેને સમાવી દેવા માટે ઘણી પટીને બાંધીને વાહનને એ પટીની કમાન ઉપર રાખવામાં આવે છે; વાહનને લાગતો ધક્કો એ કમાનમાં સમાઇ જાય છે. દૂર સુધી બાણુ અને તીર મારવામાં પણુ આજ ગુણનો ઉપયોગ થાય છે.

સાર

૧. કોઇ વસ્તુ ઉપર અમુક હદ સુધીનું બળ કરી તેના આકાર, કદ અથવા લંબાઇમાં ફેરફાર કરવામાં આવે અને પછીથી બળ દૂર કરવામાં આવે તો તે વસ્તુ પોતાનો અસલ આકાર, કદ અને લંબાઇ અમુક પ્રમાણુમાં પ્રાપ્ત કરે છે. આ ગુણને સ્થિતિસ્થાપકતાનો ગુણ કહેવામાં આવે છે. હવા અને લોખંડ (સ્ટિલ) વધુ સ્થિતિસ્થાપક છે, તાંબું ઓછું સ્થિતિસ્થાપક છે અને રબર તેથી પણુ ઓછું સ્થિતિસ્થાપક છે.

૨. સ્થિતિસ્થાપકતાના ગુણને લગતો પ્રયોગ વડે સાબિત કરેલો હૂકનો નિયમ નીચે મુજબ છે. એક વસ્તુ ઉપર લગાડેલાં બળથી તેના આકાર, કદ અથવા લંબાઇનો ફેરફાર બળના પ્રમાણુસર જ હોય છે. આ નિયમ કમાનના, પટીના વળાંકના, તથા બૉઇલના પ્રયોગથી સિદ્ધ કરી શકાય છે.

૩. કમાનના સ્થિતિસ્થાપકતાના ગુણનો ઉપયોગ અનેક રીતે થાય છે. કમાનકાંટો સહેલાઇથી તોલ કરવા માટે વપરાય છે. કમાનકાંટા વડે વસ્તુનો ભાર નોંધાય છે. એટલે પૃથ્વી ઉપર જુદે જુદે સ્થળે વસ્તુના ભારમાં વધઘટ થાય તે કમાનકાંટા વડે જ નોંધી શકાય છે. ગાડીના ડબ્બા અથડાય ત્યારે તેના પ્રત્યાઘાતથી રક્ષણુ મેળવવા માટે પણુ બફર્સમાં કમાનનો ઉપયોગ થાય છે. આપમેળે બંધ

થાય તેવા દરવાજા તેમજ યાંત્રિક સાધનોમાં પણ કમાનનો ઉપયોગ થાય છે.

૪. લાકડાંની અથવા લોખંડની પટીને થોડી વાળતાં સ્થિતિસ્થાપકતાના ગુણને લીધે તે પાછી અસલ સ્થિતિ ઉપર આવી જાય છે. ઘડિયાળની કમાન, ગાડી, મોટર અથવા ઘોડાગાડીની કમાન આજ ગુણથી આંચકાને સમાવે છે. આજ ગુણથી લોખંડના પાટ, લાકડાંના ભારટ વગેરે તેમના ઉપર આવેલો મોટો ભાર ઝીલી શકે છે.

પ્રકરણ ૯

વસ્તુની ગતિ અને સ્થિતિના નિયમો

૧ ન્યુટન

વસ્તુની ગતિ, આકર્ષણ અને સ્થિતિ વગેરે નિયમોનો વ્યવસ્થિત અભ્યાસ ન્યુટને જ શરૂ કર્યો એમ કહી શકાય. જગતના આજ સુધીના સર્વે વૈજ્ઞાનિકોમાં ન્યુટનનું સ્થાન નીરાળું જ છે. વિજ્ઞાનના ક્ષેત્રમાં એ એક મહાન વિભૂતિ ગણાય છે. તેની સર્વલક્ષી અને સર્વગ્રાહી બુદ્ધિ વડે તેણે વિજ્ઞાનમાં જે ફાળો આપ્યો છે તે અપૂર્વ છે. ખાસ કરીને પદાર્થવિજ્ઞાનમાં, ખગોળવિદ્યામાં અને ગણિતશાસ્ત્રમાં તેણે ઘણો જ ફાળો આપ્યો છે.

ન્યુટન નાનો હતો ત્યારે ખાસ બુદ્ધિમાન લાગતો ન હતો, પરંતુ એકવાર તેના સાથીએ તેને માર્યો, ત્યારે તેનું અપમાન પાછું વાળવા એ કાળજીપૂર્વક અભ્યાસ કરી પ્રથમ નંબરે આવ્યો. ત્યાર પછી તેની બુદ્ધિનો વિકાસ થવા લાગ્યો. નાનપણમાં જ તેણે પતંગ ઊડાડવામાં, નાનાં નાનાં યંત્ર બનાવવામાં અને ગણિતના અનેક કોયડા ઉકેલવામાં બહુ જ કુશળતા બતાવવા માંડી. પંદર વર્ષે તેની માએ તેને મીલકતની અને જમીનની વ્યવસ્થા કરવા શાળામાંથી ઊઠાડી લીધો, પરંતુ તેના ગણિતના કાર્યમાં અથવા યંત્ર બનાવવામાં તે એટલો મશગૂલ થઇ જતો કે તેના પાકમાં ઢોર ફરી જતાં તેની પણ તેને ખબર ન રહેતી. આથી તેની માએ તેને પાછો શાળામાં મૂક્યો. શાળાનો અભ્યાસ પૂરો કરી કેમ્બ્રિજની ટ્રિનિટી કૉલેજમાં એ દાખલ થયો. કૉલેજનો અભ્યાસ પૂરો કર્યા પછી તુરત જ તે શહેરમાં પ્લેગ ફાટી નીકળવાથી તેને વુલ્સપોર્ટની તેની મીલકત ખાતે

જવું પડયું. અહિં તેણે ગુરૂત્વાકર્ષણનો મહાન અને વિપ્લવકારક નિયમ શોધી કાઢ્યો. એકવાર તેની વાડીમાં બેસી તે એકલો વિચારતો હતો, ત્યારે તેને ઝાડ ઊપરથી પડતાં ફળ જોઈ આકર્ષણના ગૂઢ નિયમ વિષે વિચાર આવ્યો. તેને તુરત જ લાગ્યું કે કદાચ આ નિયમ માત્ર પૃથ્વી ઉપર જ નહિ પરંતુ આખા વિશ્વમાં વ્યાપી રહેલો હોવો જોઈએ અને આજ આકર્ષણના આધારે પૃથ્વીની ફરતે ચંદ્ર અને સૂર્યની ફરતે ગ્રહો ફરતા હોવા જોઇએ. આ ઉપરથી તેણે ગુરૂત્વાકર્ષણનો નિયમ ઘડયો અને ગ્રહોની કક્ષા વગેરેની ગણતરી કરી તેમની ગતિના માપ કાઢ્યાં. એના સિદ્ધાન્ત પ્રમાણેની લાંબી ગણતરી ન્યુટન જાતે પૂર્ણ કરી શકયો નહિ, પરંતુ તેના મિત્રે ગણતરી કરી બતાવ્યું કે જે નિયમને આધારે એક વસ્તુ પૃથ્વી ઉપર પડે છે તે જ નિયમને આધારે સૂર્ય, ગ્રહમંડળ અને ચંદ્ર એકમેકના આકર્ષણ બળે સંયુક્ત રહેલાં છે.

ત્યાર પછી તેણે પ્રકાશના વિજ્ઞાનનો અભ્યાસ પણ શરૂ કર્યો. તેણે એક નવીન જાતનું ટેલિસ્કોપ (દૂરબીન) બનાવ્યું. સૌથી પહેલાં પ્રકાશને સાત જુદા રંગમાં ત્રિપાર્શ્વ કાચ (prism) વડે વિભક્ત કર્યો. એક અંધારા ઓરડામાં સૂર્યનો પ્રકાશ દાખલ કરી એક ત્રિપાર્શ્વ કાચમાંથી પસાર કર્યો એટલે પ્રકાશ સાત રંગમાં વહેંચાઈ ગયો. આવા જ કારણથી સૂર્યના પ્રકાશ વડે મેઘધનુષ દેખાય છે એમ તેણે પુરવાર કર્યું. એ ઉપરાંત સાત જુદા રંગો લઇ એક ચક્ર ઉપર લગાડી તેને જોરથી ફેરવીને બતાવ્યું કે સાતે રંગ એકમેકમાં ભળી જતા દેખાય છે અને એ ચક્ર ધોળુંજ લાગે છે. પ્રકાશ અણુરૂપ છે, એવો તેનો સિદ્ધાન્ત વખત જતાં નિષ્ફળ ગણાયો, પરંતુ આજે એ જ સિદ્ધાન્ત પાછો પ્રચલિત થયો છે.

પદાર્થવિજ્ઞાનમાં આજે ગતિશાસ્ત્રના કેટલાક મૂળભૂત (fundamental) ગણાતા નિયમો તેણે ઘડ્યા. વેગ (velocity), પ્રવેગ (acceleration), બળ (force), કાર્ય (work), વગેરેના એકબીજાની સાથે સંબંધ ધરાવતા ઘણા નિયમો તેણે ઘડી કાઢયા.

ગણિતશાસ્ત્રમાં તેણે કલનશાસ્ત્ર (Calculus) નામનું નવીન દિશા બતાવતું શાસ્ત્ર રચ્યું, અને તેના વડે આજે અનેક ભૈાતિક નિયમોના કાર્યકારણ નિર્માણ કરતા સમીકરણો (equations) ઘડી શકાય છે, અને ગણિતશાસ્ત્રના અનેક કોયડા સરળતાથી ઉકેલી શકાય છે.

આટલી શોધ કર્યા છતાં તે પોતે માનતો હતો કે જગતના અગાધ જ્ઞાનભંડારની સમસ્યાઓ ઉકેલવામાં તેણે કંઇ વધુ કર્યું નથી અને સાગર કીનારાની રેતીના વિશાળ કણસમૂહમાંથી માત્ર અક્કેક કાંકરા વીણતા કોઇ બાળકની પેઠે એની શોધ પણ અનંત સત્યના ભંડારમાંથી ગણેલા રેતીના કણો માત્ર છે.

૨ ગતિ, Motion ગતિ એટલે વસ્તુનું સ્થળાંતર થવું તે. ગતિની સાથે હંમેશાં વખત સામિલ હોય છે; કારણ કે વસ્તુ એક સ્થળેથી બીજે ખસે તેટલું અંતર કાપતાં જેટલો સમય ગયો તે ગતિનું ભાન કરાવે છે. ગતિ અનેક જાતની હોઇ શકે છે. એક ટ્રેન ઉપડે છે ત્યારે તેની ગતિ પ્રથમ ક્રમશઃ (gradually) વધે છે, ત્યાર પછી તે ઘણે ભાગે એકમૂલ્ય (constant) રહે છે; બીજું સ્ટેશન આવતાં પાછી ક્રમશઃ અથવા ઉતાવળે ઓછી થાય છે. કેટલીક

ગતિમાં ગમે તેમ વધઘટ થાય છે. ગતિને ત્રણ વિભાગમાં વહેંચી નાંખવામાં આવે છે.

(૧) 'એકમૂલ્ય ગતિ' એટલે સરખા વખતમાં એકસરખું અંતર કપાય તેવી ગતિ;

(૨) 'ક્રમશઃ વધતી અથવા ઘટતી' એટલે જેમાં ગતિનો વધારો અથવા ઘટાડો સરખા વખતમાં સરખી રીતે થાય છે; અને

(૩) ગમે તેમ વધઘટ થતી (અનેકમૂલ્ય, variable) ગતિ.

ખાસ કરીને આપણે પ્રથમ બે જાતની ગતિનો અભ્યાસ કરીશું, અને એ જાતની ગતિથી ખસતા પદાર્થો અમુક વખતમાં કેટલું અંતર કાપે છે તે શોધી કાઢીશું.

૩ ઝડપ અને વેગ Speed and Velocity વિજ્ઞાનમાં ગતિને બે દૃષ્ટિએ જોવામાં આવે છે. એક પદાર્થ દિશાફેર કર્યા વિના એક માર્ગે જાય તેવી ગતિ, તેને વેગ (velocity) કહેવામાં આવે છે; જ્યારે ગમે તે દિશામાં ખસતા પદાર્થની ગતિને ઝડપ (speed) કહેવામાં આવે છે. એક વસ્તુનો વેગ અમુક છે એમ કહીએ તો તેની સાથે તે વસ્તુ કયી દિશામાં ખસે છે તેનું સૂચન પણ અવશ્ય હોવું જોઇએ; જ્યારે ઝડપને માટે દિશાસૂચન જરુરનું નથી. એક વસ્તુની ઝડપ અમુક છે એમ કહેવામાં આવે છે તેનો અર્થ એમ થાય છે તે વસ્તુ ગમે તે દિશામાં ખસે છે. વેગ એમ સૂચવે જ છે કે વસ્તુ અમુક દિશામાં ખસે છે. માટે જો ગતિમાં ફેરફાર ન થાય છતાં દિશા બદલાય તો ઝડપ કાયમ રહે છે, જ્યારે વેગ બદલાય છે.

એક ગાડી સીધા રસ્તા ઊપર અમુક ગતિથી ખસતી હોય તો તેનો વેગ અથવા ઝડપ કલાકના ૪૦ કે ૫૦ માઇલ છે એમ કહી શકાશે. જો એજ ગાડી વાંકાચૂંકા રસ્તા ઉપર અમુક ગતિથી જતી હોય તો એનો વેગ ૪૦ માઇલનો છે એમ કહેવું ખોટું છે, પરંતુ એની ઝડપ ૪૦ માઇલની છે એમ કહેવાય છે.

૪ ગતિ અને અંતર અમુક વખતમાં કેટલું અંતર કપાય તે જાણવાથી ગતિનું માપ કાઢી શકાય છે. જો ગતિ વત્તીઓછી થાય તો કુલ અંતર અને કુલ વખત ઉપરથી સરેરાશ ગતિ મળશે. જેટલા વખત દરમિયાન ગતિ એકમૂલ્ય રહે તેટલા અંતર માટે ગતિનું એક માપ આવશે. ત્યાર પછીના બીજા અંતર માટે બીજું માપ આવશે. આમ વસ્તુ જેટલી જુદી જુદી ગતિથી ખસે તે માલૂમ પડે તો પણ સરેરાશ ગતિ નીકળશે. જો ગતિ એકજ સીધી લીટીમાં હોય તો તેને વેગ કહેવાય છે અને જો એની દિશા જુદી હોય તો એને ઝડપ અથવા ચલિત (variable) વેગ કહેવાય છે.

જો स સમયમાં अ અંતર કપાયું હોય તો

$$\text{વેગ} = \frac{\text{અંતર}}{\text{સમય}}, \quad \text{એટલે} \quad \text{वे} = \frac{\text{अ}}{\text{स}}$$

જો અંતર સેન્ટિમિટરમાં માપીએ અને સમય સેકન્ડમાં માપીએ તો

$$\text{वे} = \frac{\text{સેન્ટિમિટર}}{\text{સેકન્ડ}} = \text{સેમી. દર સેક. (cms. per sec.)}$$

એમ લખાય. જો વેગ અને વખત આપ્યો હોય તો

$$\text{અંતર} = \text{વેગ} \times \text{સમય}$$

$$\text{अ} = \text{वे} \times \text{स}$$

જો વેગ એકમૂલ્ય ન હોય તો સરેરાશ વેગ કાઢવો પડશે.

૫. વેગના પ્રકાર આગળ ગતિના જુદાજુદા પ્રકાર બતાવ્યા તેમ વેગ (એક જ સીધી લીટીમાં ગતિ) ના પણ ત્રણ પ્રકાર ગણાવી શકાય:—

(૧) એકમૂલ્ય વેગ (constant velocity):—એમાં સરખા વખતની અંદર એકસરખું અંતર કપાય છે.

(૨) ચલિત વેગ (variable velocity):—એમાં સરખા વખતમાં ગમે તેટલું અંતર કપાય છે;

અને (૩) ક્રમશઃ ચલિત વેગ (uniformly varying velocity):—એમાં વેગની એક સરખી રીતે વધઘટ થાય છે.

૬. પ્રવેગ Acceleration પ્રવેગ પણ વખત સાથેના વેગના વધારાનો ક્રમ સૂચવે છે; એટલે એક સેકન્ડમાં વેગનો કેટલો વધારો થાય તે શોધવાથી પ્રવેગનું મૂલ્ય મળશે.

જો $वे_{\circ}$ શરૂઆતનો વેગ હોય હોય અને स સેકન્ડ પછીનો વેગ $वे_{स}$ હોય તો

$$\text{વેગમાં વધારો} = वे_{स} - वे_{\circ} = वे_{क्ष}$$

આટલો વધારો થવાને લાગેલો સમય = स

$$\text{એટલે} \quad \text{પ્રવેગ } (प्र) = \frac{वे_{स} - वे_{\circ}}{स} = \frac{वे_{क्ष}}{स}$$

આ ઉપરથી 'પ્રવેગ એટલે વેગના વધવાનો દર' એમ કહી શકાય. **Acceleration is the rate of change of velocity.**

અહિં ખાસ ધ્યાનમાં રાખવાની બાબત એ છે કે વેગનો વધારો પણ વેગ જ હોવાથી અને વેગનો વધારો એક સેકન્ડ

માટે મપાતો હોવાથી પ્રવેગને 'સેન્ટિમિટર દર સેકન્ડ દર સેકન્ડ' એમ કહેવું પડે છે. વધુ સ્પષ્ટતા માટે આપણે તપાસીએ તો માલૂમ પડે છે કે દર સેકન્ડે વેગ જેટલો વધ્યો તે પ્રવેગ બતાવે છે અને દર સેકન્ડે જેટલું અંતર કપાય છે તે વેગ બતાવે છે. આથી પ્રવેગને 'સેન્ટિમિટર દર સેકન્ડ દર સેકન્ડ' વડે દર્શાવાય છે. ટૂંકમાં પ્રવેગ 'સેમિ. દર સેક. દર સેક. અથવા સેમિ./સેક.^{2} (cms/sec^2)' એમ દર્શાવાય છે. નીચેના ઉદાહરણથી આ વસ્તુ સ્પષ્ટ થશે.

ધારો કે કોઇ વસ્તુનો વેગ ૧૫ સેમિ./સેક. હોય અને ૫ સેકન્ડ પછી વેગ ૨૫ સેમિ./સેક. હોય તો તેના વેગનો વધારો ૧૦ સેમિ./સેક થયો.

$$\text{હવે પ્રવેગ} = \frac{\text{વેગનો વધારો}}{\text{સમય}}, \text{ એટલે પ્રવેગ} = \frac{\text{૧૦(સેમિ./સેક.)}}{\text{૫ (સેક.)}}$$

$$= \text{૨} \frac{\text{(સેમિ./સેક.)}}{\text{(સેક.)}} = \text{૨ (સેમિ./સેક}^{\text{૨}}\text{) થયો.}$$

કેટલીકવાર વેગમાં વધારાને બદલે ક્રમશઃ ઘટાડો પણ થાય છે, એટલે તેને પણ પ્રવેગ તરીકેજ લેખવામાં આવે છે. પરંતુ સ્પષ્ટતા માટે વેગના ઘટાડાને પ્રતિવેગ (retardation) કહેવામાં આવે છે. ફેર માત્ર એટલો કે પ્રતિવેગ વેગનો ઘટાડો જ સૂચવે છે; જ્યારે પ્રવેગ એ વધારો કે ઘટાડો બન્ને સૂચવે છે.

૭. પૃથ્વી ઉપર પડતા પદાર્થના વેગ

જો એક પથ્થરને અમુક ઊંચાઇએથી પડવા દઇએ તો તેના પડવાનો વેગ ઉત્તરોઉત્તર વધતો જશે. તેના વેગનો વધારો ક્રમશઃ થાય છે એટલે તેનો વેગ "પ્રવેગી વેગ" (accelerated velocity) કહેવાય છે.

જો પ્રયોગ બરાબર કરી જોઇશું તો માલૂમ પડશે કે પડતા પદાર્થની ગતિ દર સેકન્ડે નિયમિત રીતે વધે છે; એ પદાર્થ પછી ગમે તેવી જાતનો હોય અને ગમે તે વસ્તુનો હોય. દરેક વસ્તુને એક સરખો પ્રવેગ લાગે છે એમ નિયમરૂપે કહી શકાય. એવું માલૂમ પડે છે કે દરેક પદાર્થના વેગમાં દર સેકન્ડે ૩૨ ફૂટ અથવા ૯૮૦ સેન્ટિમિટરના દરે વધારો થાય છે. આથી સ્થિર વસ્તુ પડવા માંડે અને તેનો વેગ અનુક્રમે ૧, ૨, ૩, ૪, ૫ કે સ સેકન્ડ પછી માપીએ તો ૩૨, ૬૪, ૯૬, ૧૨૮, ૧૬૦, ૩૨ × (સ) ફૂ./સેક. માલૂમ પડશે અથવા ૯૮૦, (૯૮૦×૨), (૯૮૦×૩), (૯૮૦×૪), (૯૮૦×૫), કે (૯૮૦×સ) સેમિ./સેક. માલૂમ પડશે. આગળના પ્રકરણમાં કહેવામાં આવ્યું હતું તેમ આ વેગનો વધારો દરેક પદાર્થ માટે સરખો છે, એટલે હવાના અવરોધને બાદ કરતાં અમુક ઊંચાઇએથી ભારે અથવા હલકા પદાર્થને એકી સાથે પડવા દઇએ તો નીચે પડવાને બન્નેને સરખો સમય લાગશે. આ સિદ્ધાંત પ્રથમ ગૅલિલિયોએ પીસાના નમતા મિનારા પરથી બે વજન ફેંકીને પ્રયોગથી સાબિત કર્યો. તે પહેલાં ઍરિસ્ટોટલના મત પ્રમાણે ભારે પદાર્થ વધુ ઝડપે પડે છે એમ લોકો માનતા હતા. અમુક સમયમાં પડતો પદાર્થ કેટલું અંતર કાપશે એ પણ હવે આપણે માપી શકીશું.

ક્રમશઃ (uniformly) અથવા ધીમે ધીમે વધતા વેગનો સરેરાશ વેગ કાઢવો હોય તો શરૂઆતના અને અંતના વેગનું મધ્યમાન (mean) લેવું. હવે સામાન્ય માપ કાઢવા માટે આપણે પડતા પદાર્થોના પ્રવેગને ગ (અંગ્રેજીમાં g) વડે દર્શાવીશું અને જ્યાં જ્યાં પ્રવેગ ગ વડે દર્શાવાય ત્યાં ગ નું

મૂલ્ય ૩૨ ફૂટ/સેક.^{2} અથવા ૯૮૦ સેમિ./સેક.^{2} છે એમ માનવું.
પતન થતા પદાર્થનો શરૂઆતનો વેગ = ૦

એક સેકન્ડ પછી ,, = ૧ × ગ
બે સેકન્ડ પછી ,, = ૨ × ગ
ત્રણ સેકન્ડ પછી ,, = ૩ × ગ
સ સેકન્ડ પછી ,, = સ × ગ

$$\text{એટલે સ સેકન્ડ સુધીનો સરેરાશ વેગ} = \frac{\text{શરૂઆતનો વેગ} + \text{છેવટનો વેગ}}{2}$$

$$= \frac{0 + (\text{સ} \times \text{ગ})}{2} = \frac{1}{2}(\text{સ} \times \text{ગ})$$

કુલ અંતર = સરેરાશ વેગ × કુલ સમય

$$\text{અ} = \frac{1}{2}(\text{સ} \times \text{ગ}) \times \text{સ}$$

$$\text{અ} = \frac{1}{2}\,\text{ગ}\,\text{સ}^2$$

$$\text{એટલે કપાયેલું અંતર} = \frac{1}{2} \times (\text{પ્રવેગ}) \times (\text{સમય})^2$$

$$\text{Distance} = \frac{1}{2} \times (\text{acceleration}) \times (\text{time})^2$$

$$D = \frac{1}{2} g t^2$$

આ ઉપરથી જોઇ શકાશે કે

$$\text{દશ સેકન્ડ પછી કપાયેલું કુલ અંતર} = \frac{1}{2} \times 32 \times 10^2$$
$$= 1600 \text{ ફૂટ}$$

$$\text{અને એક મિનીટ પછી કપાયેલું કુલ અંતર} = \frac{1}{2} \times 32 \times 60^2$$
$$= 16 \times 3600$$
$$= 57600 \text{ ફૂટ}$$
$$= 12 \text{ માઇલ લગભગ}$$

પૃથ્વી તરફ આકર્ષાઇ આવતા કેટલાક ખરતા તારા આકાશમાં આ પ્રકારના વેગથી પૃથ્વીની સપાટી ઉપર પડે છે. તેનો વેગ કેટલો પ્રચંડ હોય છે એ હવે સમજાશે.

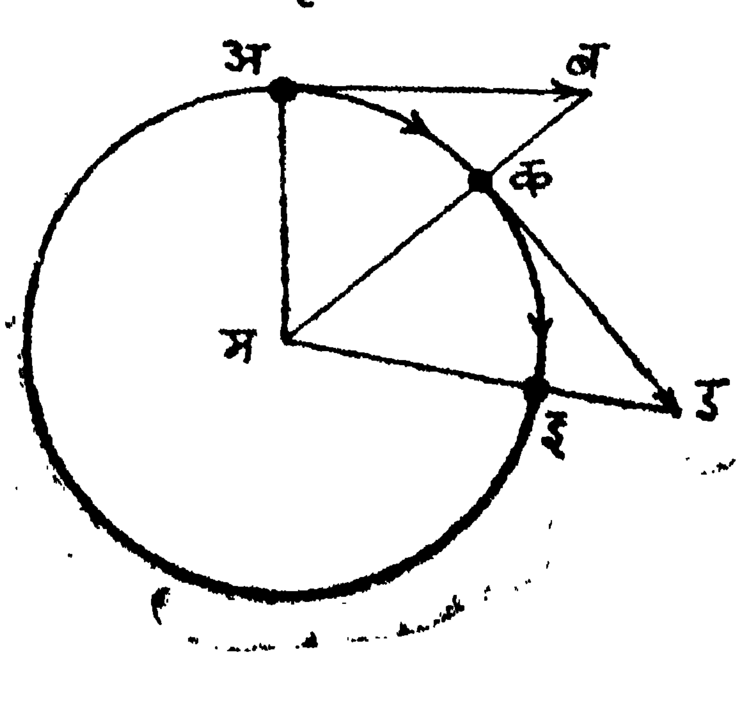
એક મિનીટ પછીનો વેગ = સ ગ
= ૬૦ × ૩૨
= ૧૯૨૦ ફૂટ/સેકન્ડ
= કલાકના ૧૩૦૦ માઇલ

પંદર મિનીટ પછીનો વેગ = ૯૦૦ × ૩૨
= ૨૮૮૦૦ ફૂટ/સેકન્ડ
= કલાકના ૧૯૫૦૦ માઇલ

આટલી પ્રચંડ ગતિ થાય તે પહેલાં નાના ખરતા તારા (ઉલ્કા) ઉપર હવાનો એટલો અવરોધ ઉત્પન્ન થાય છે કે તેમાંથી ઉદ્ભવતી ગરમીને લીધે એ ઉલ્કાઓ જમીનની સપાટીએ પહોંચે તે પહેલાં તો ભસ્મીભૂત થઇ અદૃશ્ય થાય છે. આવી રીતે ઉષ્ણ થઇને ભસ્મ થતાં ઉલ્કા રાત્રે કેટલાયે જોવાના મળે છે, અને ઘણુંખરૂં તે એકદમ પ્રકાશિત થઈને અદૃશ્ય થતા દેખાય છે.

૮. વર્તુલ ગતિ ધારો કે એક વસ્તુ એકસરખા વેગથી अ થી ब સુધી અમુક સમયમાં જાય છે (આકૃતિ ૮૪), પરંતુ તેટલા જ સમયમાં કોઇ બળને લીધે ब થી क સુધી પાછી ખેંચાઇ આવે; અને વળી જ્યાં क થી ड સુધી પહોંચે તેટલા સમયમાં ड થી इ સુધી ખેંચાઇ આવતી હોય અને જો अ क इ ત્રણે બિંદુ કેન્દ્ર થી એકસરખા અંતરે હોય તો એ વસ્તુ એક સરખી ઝડપે વર્તુલમાં ફરતી થઈ જશે. વર્તુલ ગતિનો સિદ્ધાન્ત છે કે જ્યાં સુધી એક વસ્તુ ઉપર મધ્ય તરફ કોઇ

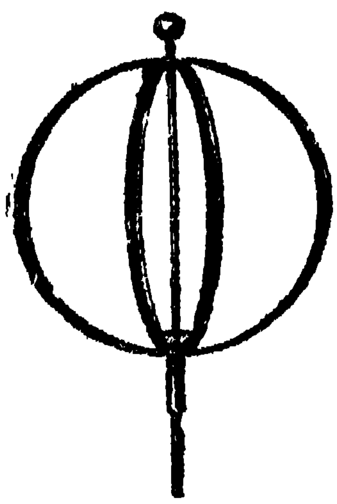
આકૃતિ ૮૪



બળ લાગતું હોય ત્યાં સુધી તેની ગતિ અમુક કક્ષાના વર્તુલમાં રહે છે. દરેક વસ્તુ હમેશાં સીધી લીટીમાં ગતિ કરવા પ્રેરાય છે, છતાં કેન્દ્રગામી (centripetal) બળ તેના ઉપર લાગતું હોય એટલે વસ્તુ સ્પર્શરેખા (tangent) ની દિશામાં ફરતી થાય છે અને તેથી અંતે વર્તુલમાં ફરે છે. આ જ કારણથી પૃથ્વીની ફરતે ચંદ્ર ફરતો રહે છે. ઉપરની આકૃતિ (૮૪)માં अ આગળ ચંદ્ર હોય અને म આગળ પૃથ્વી હોય તો ચંદ્ર अ થી ब સુધી જાય તેટલામાં પૃથ્વીનું આકર્ષણ તેને ब થી क સુધી ખેંચી જાય છે. વળી ચંદ્ર क થી ड સુધી જાય તેટલામાં ગુરૂત્વાકર્ષણનું બળ તેને ड થી इ સુધી પાછું ખેંચી લાવે છે. મધ્યનું બળ જો બંધ પડી જાય તો પદાર્થ તે બિંદુથી સ્પર્શરેખાની (tangent) દિશામાં ચાલ્યો જાય છે. એક ગોફણથી ગોળો ફેરવવામાં આવે અને દોરીને છોડવામાં આવે તો તે ત્યાંથી સ્પર્શરેખાની દિશામાં સીધી લીટીમાં ચાલ્યો જાય છે. વર્તુલમાં ફરતો દરેક પદાર્થ મધ્યથી દૂર જવા પ્રયત્ન કરે છે. આજ કારણથી એક લોટામાં પાણી ભરીને જોરથી ફેરવવામાં આવે તો તેમાંનું પાણી ઢોળાઇ જતું નથી.

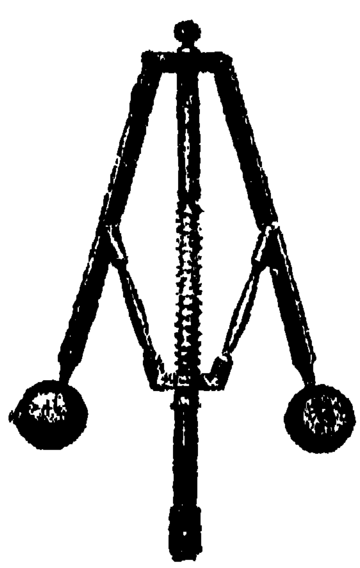
આમ કોઇ પણ વસ્તુને ચક્રગતિમાં ફેરવવામાં આવે તો તે વસ્તુ અમુક બળથી મધ્યથી દૂર જવાનો પ્રયત્ન કરે છે. એટલે જો કેન્દ્રગામી બળ તેના ઉપરથી દૂર થઇ જાય તો એ વસ્તુ દૂર ફેંકાઇ જાય છે. એવી ચક્રાકાર ફરતી વસ્તુને દૂર ફેંકવાનો પ્રયત્ન કરતાં બળને કેન્દ્રત્યાગી બળ (centrifugal force) કહેવામાં આવે છે. ચક્રમાં ફરતી દરેક વસ્તુ ઉપર કેન્દ્રત્યાગી (કેન્દ્રથી દૂર જતું) બળ લાગે છે અને જો મધ્ય તરફ તેટલુંજ કેન્દ્રગામી બળ ન લાગતું હોય તો તે વસ્તુ દૂર ચાલી જાય છે.

આકૃતિ ૮૫



આવી રીતનાં બળ દર્શાવતા કેટલાક પ્રયોગો નીચે દર્શાવવામાં આવ્યા છે. આકૃતિ (૮૫) માં એક સળિયા ઉપર વળી શકે તેવી લોખંડની ગોળાકાર પટીને ઉપર નીચે ભેરવેલી છે. એ સળિયાને ખૂબ ઝડપથી ચક્રાકાર ફેરવવામાં આવે તો એ પટીની વચ્ચેનો ભાગ દૂર જતા રહેવાનો યત્ન કરવાથી લંબગોળ રૂપે રહેલી પટીનો મધ્યભાગ દૂર જાય છે અને તેથી વચ્ચેનો ભાગ ઘણો ઊપસી આવશે. જેમ જેમ ચક્રગતિ વધુને વધુ થતી જશે તેમતેમ વચ્ચેનો ભાગ વધુને વધુ પહોળો થતો જશે અને પટીના સળિયામાં ભેરવેલા છેડા નજીક આવશે. આજ કારણથી પૃથ્વીની ચક્રગતિને લીધે જ વિષુવવૃત્તની સપાટી વધુ ઉપસેલી હોય છે.

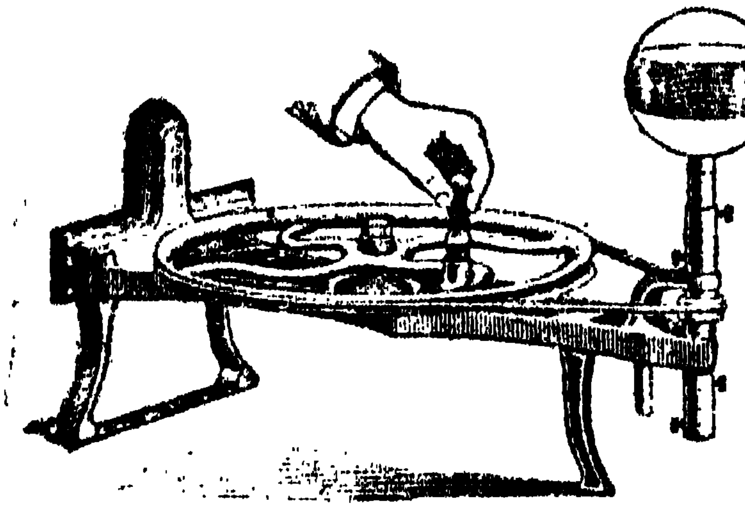
આકૃતિ ૮૬



નિમાયક
(governor)

આકૃતિ (૮૬) માં વરાળયંત્ર માટે ઉપયોગમાં આવતો નિમાયક (governor) બતાવવામાં આવ્યો છે. એ નિમાયકના વચ્ચેના સળિયાની ટોચ ઉપર બે સળિયા વડે બે વજન લટકાવેલાં છે. એ સળિયો ગોળ ફરવા માંડે એટલે વજનવાળા ગોળા મધ્યમાંથી દૂર જવાનો યત્ન કરે છે અને તેથી એકમેકથી દૂર જાય છે. આમ બન્ને ગોળા દૂર જવાથી વચમાં જડેલી કમાન જે ગોળાની સાથે જોડાયેલી હોય છે તે ઊંચે ચઢે છે. એ કમાનની જોડે વરાળયંત્રનો વાલ્વ જોડેલો છે. એ વાલ્વ ગતિના પ્રમાણમાં વત્તાઓછો ઊઘડી યંત્રમાં જોઇતી વરાળ દાખલ કરે છે અને તેથી યંત્રની ગતિ ગમે તે મૂલ્યે નિયમિત કરી શકાય છે.

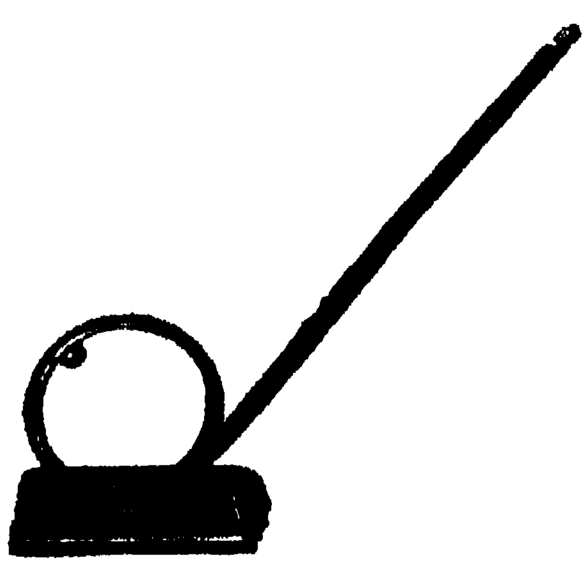
આકૃતિ ૮૭



આકૃતિ (૮૭) માં એક ચક્રાકાર ફરતો કાચનો ગોળો રાખવામાં આવ્યો છે. તેમાં પાણી રાખવામાં આવ્યું છે. ગોળાની ચક્રાકાર ગતિ વધતી જાય તેમ એ પાણી ઊંચે ચઢી ગોળાના મધ્યમાં વિંટીની પેઠે ફરતું થઇ જાય છે.

આકૃતિ (૮૮)માં એક અર્ધ નળીને ગોળ વળેલી દેખાડવામાં આવી છે. એ નળીની ટોચ ઉપર એક ગોળી મૂકવામાં આવે તો

આકૃતિ ૮૮



તે ઘણી ગતિથી નળી વાટે નીચે ઊતરે છે અને આખું વર્તુલાકાર ચક્ર ફરી વળે છે. એ ગોળી આકૃતિમાં બતાવેલી સ્થિતિમાં ગતિ કરે છે છતાં નીચે પડતી નથી; કારણ કે એના ઉપર કેન્દ્રત્યાગી બળ કામ કરતું હોય છે. આવી જ જાતના પ્રયોગો સરકસનો ખેલાડી ઘણી ગતિથી ચાલતી મોટર કે મોટરસાઇકલ વડે કરે છે.

૯. વેગસમાસ
Composition of velocities

ઘણી વખત એક જ વસ્તુને એક સામટી બે ગતિ લાગે છે ત્યારે તેની અસર કેવી થાય છે એ તપાસીએ. એક વસ્તુને બે વેગ એક દિશામાં લાગતા હોય તો તે એને લીધે વસ્તુને લાગતો કુલ વેગ બન્ને વેગના સરવાળા જેટલો થશે. જો એ બન્ને વેગની દિશા સામસામી હોય તો કુલ વેગ એ વેગની બાદબાકી જેટલો થશે. એક ચાલતાં વહાણ ઉપર તેની ગતિની દિશામાં જ એક માણસ અમુક વેગથી

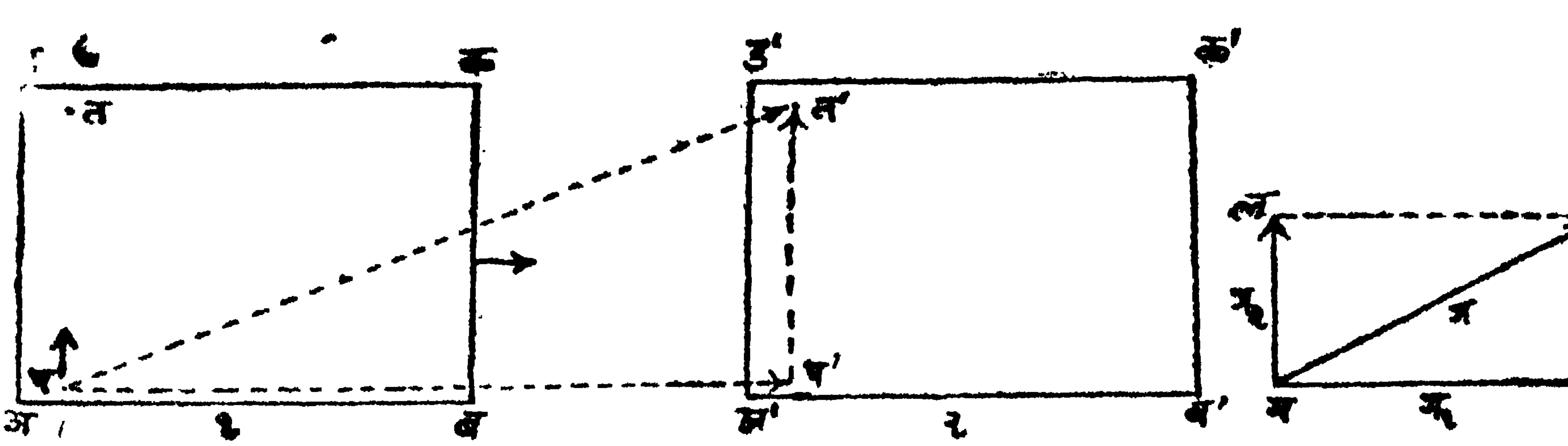
ચાલતો હોય તો તેનો કુલ વેગ વહાણના વેગનો અને માણસના વેગનો સરવાળો કરવાથી મળે છે. માણસ વહાણની ગતિથી ઊલટી દિશામાં ચાલે તો તેનો કુલ વેગ બન્નેના વેગનો તફાવત લેવાથી મળશે. આ ઉપરથી એક નિયમ એવો ઘડી શકાય કે એક સીધી લીટીમાં એક જ વસ્તુને લાગતા અનેક વેગનો સમાસવેગ (resultant velocity) બધા વેગના બૈજીક (algebraic) સરવાળા જેટલો થાય છે.

(વેગનો સરવાળો કરતી વખતે સામસામા વેગની બાદબાકી કરવી અને એક જ દિશામાં હોય તો વેગનો સરવાળો કરવો.)

પરંતુ જો બે વેગ જુદી જુદી દિશામાં લાગુ પડતા હોય તો તેનો સમાસવેગ નીચે પ્રમાણે કાઢી શકાશે:—

ધારો કે એક માણસ એક ગાડીના ડબ્બામાં એક બાજુ प થી સામી બાજુ त તરફ જાય છે અને ગાડી અમુક વેગથી આગળ

(૧) આકૃતિ ૮૯. (૨)



દોડે છે. આકૃતિ (૮૯ '૧') માં બતાવ્યા પ્રમાણે માલૂમ પડશે કે જેટલા સમયમાં માણસ થી त જાય છે તેટલા જ સમયમાં ગાડીનો આખો ડબ્બો अब कड થી ખસીને अ'ब'क'ड' સુધી પહોંચે છે. એટલે માણસ થી त પહોંચતો નથી તેમ प થી प' પણ નથી પહોંચતો; પરંતુ ગાડીના અને તેના એકસામટા વેગને લીધે થી त' જાય છે. એક નદીના

પ્રવાહમાં સામે કાંઠે હોડી લઈ જવી હોય તોપણ આ જ રીતે હોડી ઉપર બે વેગ અસર કરે છે; એક સામે કાંઠે જવાનો હોડીનો વેગ અને બીજો નદીના પ્રવાહનો વેગ. આથી ઉપલી આકૃતિ (૮૯)માં હોડી પ થી ત તરફ અમુક વેગથી જતી હોય અને પ' થી ત' તરફ નદીનો પ્રવાહ અમુક વેગથી જતો હોય તો હોડી પ થી ત જવાને બદલે થી ત' જશે.

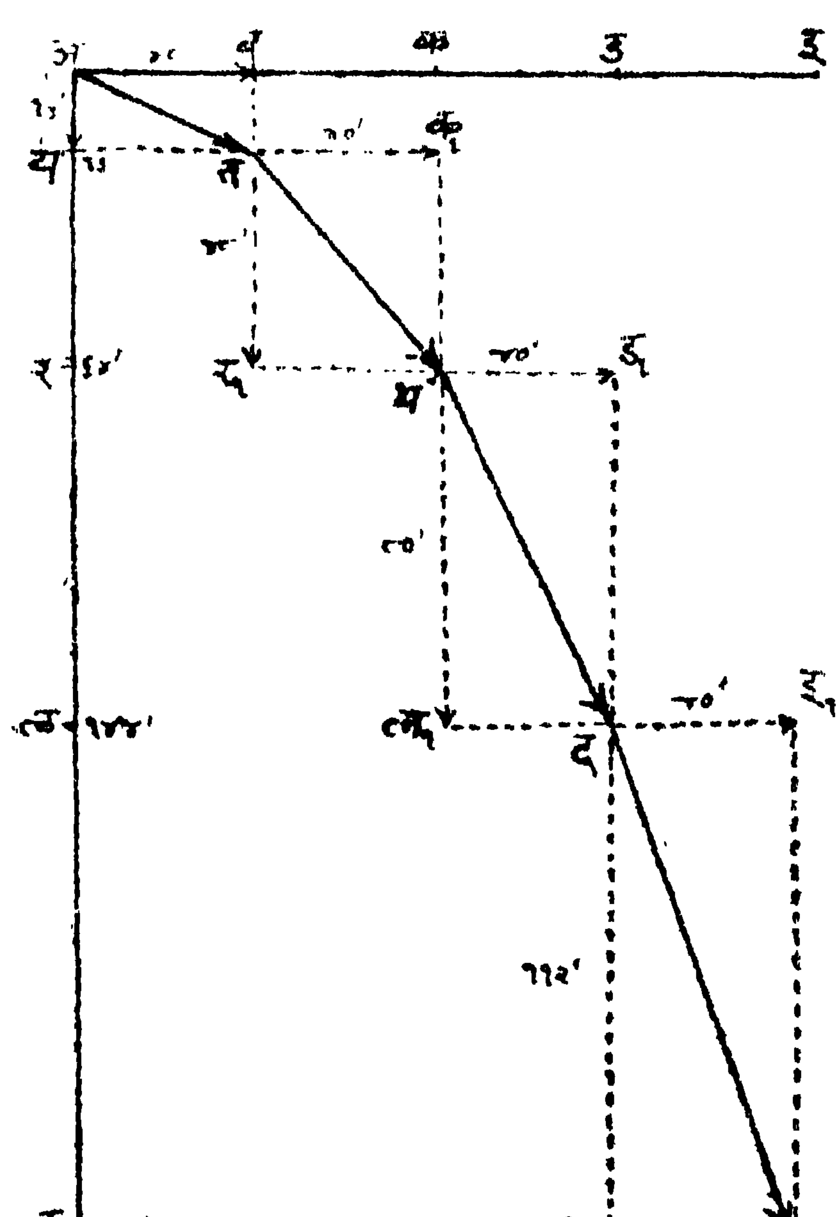
આ રીતે એક વસ્તુને બે વેગ અસર કરે છે ત્યારે બન્ને વેગની સામટી અસરથી જે વેગ આવે છે તેને સમાસવેગ (resultant velocity) કહેવામાં આવે છે. સમાસવેગ શોધવા માટે નીચેનો નિયમ વપરાય છે. આકૃતિ (૮૯ '૨') માં બતાવ્યા મુજબ એક વસ્તુને યર અને યલ થી દર્શાવેલા (દિશામાં અને મૂલ્યમાં) $ग_1$ અને $ग_2$ એમ બે વેગ લાગે છે. એ બે બાજુની ઉપર સમાન્તરબાજુ ચતુષ્કોણ બનાવી તેનો કર્ણ (diagonal) યવ સમાસવેગ (resultant velocity) ग ને દિશામાં અને મૂલ્યમાં દર્શાવે છે. (આકૃતિ ૮૯ '૨' માં લીટીની લંબાઇ વેગનું માપ બતાવે છે અને તીર વેગની દિશા બતાવે છે.)

પડતા પદાર્થ ઉપર સમાસવેગ કેવી રીતે લાગુ પડે છે તે પણ તપાસવું અગત્યનું છે. જો એક પથ્થરને અમુક વેગથી શિરોલંબ (vertical) ઊંચે ફેંકીશું તો તેનો વેગ પૃથ્વીના બળને લીધે લાગતા પ્રતિવેગથી (retardation) ધીમે ધીમે ઓછો થતો જશે. ઉપર જવાનો વેગ દરેક ક્ષણે ઘટતો જાય છે, અને છેવટે ઉપલો વેગ અને નીચેનો પ્રતિવેગ સરખા થતાં એ પથ્થરનો સમાસવેગ શૂન્ય થશે. એટલી ઊંચાઇએથી પથ્થર પાછો નીચે પડવા લાગે છે. નીચે પડતી વખતે એના ઉપર પૃથ્વીના

આકર્ષણને લીધે પ્રવેગ (acceleration) લાગુ પડે છે અને એક જ દિશામાં વેગ લાગે છે. ઊંચે ચઢતાં એનો વેગ જે દરે ઓછો થયો તે જ દરે એ વેગ નીચે પડતી વખતે વધે છે. એટલે એક વસ્તુને જેટલી ઝડપથી આપણે ઊંચે ફેંકીએ તેટલી જ ઝડપથી તે પાછી નીચે પડે છે.

હવે ધારો કે બૉમ્બના ગોળાની પેઠે એક વસ્તુને ઘણી ઊંચાઇએથી પૃથ્વીની સપાટીની સમાંતર (ક્ષિતિજસમસૂત્ર horizontal) દિશામાં અમુક વેગથી ફેંકીએ તો તેને બે વેગ લાગુ પડશેઃ (૧) ક્ષિતિજસમસૂત્ર વેગ અને (૨) પ્રવેગી (accelerated) શિરોલંબ (vertical) દિશાનો વેગ. ક્ષિતિજસમસૂત્ર વેગ એક સરખો રહે છે અને શિરોલંબ વેગ વધતો જાય છે.

આકૃતિ ૯૦



બાજુની આકૃતિ (૯૦) ઉપરથી એ બન્ને વેગની કેવી અસર થાય છે તો સમજાશે. ધારો કે એક પદાર્થને अ થી ब તરફ સેકન્ડના ૪૦ ફૂટની ઝડપે ફેંકયો તો દરેક સેકન્ડમાં (જો બીજો અવરોધ ન નડે તો) એ अब, बक, कड, डइ, જેટલાં ૪૦ ફૂટનાં એકસરખાં અંતર કાપશે. પરંતુ એને પૃથ્વીના બળથી શિરોલંબ (अय દિશામાં) પ્રવેગ લાગે છે. જો બીજો વેગ ન હોય તો એ પ્રવેગને લીધે વસ્તુ નીચે પડશે અને એક સેકન્ડમાં अय = ૧૬ ફૂટ,

બીજી સેકન્ડમાં યર = ૪૮ ફૂટ, ત્રીજી સેકન્ડમાં રલ = ૮૦ ફૂટ, ચોથી સેકન્ડમાં લવ =૧૧૨ ફૂટ જેટલાં અંતર કાપશે. હવે આ બન્ને સામટી વેગની અસરથી એ વસ્તુ અ થી બ જાય તેટલામાં અ થી ય જેટલી નીચે આવે છે એટલે પરિણામે એક સેકન્ડ પછી ત આગળ આવશે. એ જ પ્રમાણે બીજી સેકન્ડમાં તક$_1$ અને તર$_1$ જેટલું અંતર કપાવાથી એ થ સુધી આવશે. ત્રીજી સેકન્ડમાં થઙ$_1$ અને થલ$_1$ જેટલું અંતર કાપવાથી દ આગળ પહોંચશે. અને છેવટે ઘ આગળ પહોંચશે. અ, ત, થ, દ અને ઘ ને જોડતાં જે માર્ગ આવે છે તે માર્ગે એ વસ્તુ નીચે આવશે, અને ઘ આગળ પૃથ્વીની સપાટી હોય તો વઘ જેટલે અંતરે પડશે. આ જ નિયમને આધારે જ્યારે હવામાં અમુક વેગથી અબ તરફ જતાં વિમાનમાંથી એક બૉમ્બ અ આગળથી નીચે ફેંકવામાં આવે તો તે વ આગળ ન પડતાં ઘ આગળ પડે છે. આથી કોઇપણ જગ્યાએ બોમ્બ ફેંકવો હોય તો બરાબર તે જગ્યાની ઉપરથી ન ફેંકતાં વિમાનના વેગને ધ્યાનમાં લઇને જરા વહેલો ફેંકવો પડે છે.

સાર

૧. વસ્તુની સ્થિતિ અને ગતિ વગેરેના નિયમોનો વ્યવસ્થિત અભ્યાસ કરનાર ન્યુટન હતો. તેણે ભૌતિકશાસ્ત્ર, ગણિતશાસ્ત્ર, અને ખગોળશાસ્ત્રની અંદર અનેક શોધખોળો કરી હતી. સફેદ રંગને સાત રંગમાં વિભક્ત કરનાર ન્યુટન હતો. ગુરૂત્વાકર્ષણનો મહાન નિયમ પણ તેણે શોધ્યો અને તેના વડે આકાશી પદાર્થોની ગતિને સમજાવી શકયો. કલનશાસ્ત્રનો ઉત્પાદક તે હતો.

૨. ગતિ એકમૂલ્ય અને વધઘટ થાય તેવી હોય છે. ઝડપ (speed) અને વેગ (velocity) પણ ગતિના બે પ્રકાર છે. પદાર્થ ગમે તે દિશામાં એક સરખી ગતિથી પણ ગમે તે દિશામાં ખસતો હોય

તો તે ગતિને આપણે તેની ઝડપ કહીએ છીએ. વેગ અમુક નિશ્ચિત દિશા સૂચવે છે, એટલે એકજ દિશામાં જ્યારે ઝડપ સરખી હોય ત્યારેજ વેગ એકમૂલ્ય (constant) કહેવાય છે. દિશા બદલાય તો વેગ પણ બદલાયો કહેવાય છે.

૩. અમુક દિશામાં પદાર્થ એક સેકન્ડમાં જેટલું અંતર ખસે તેને વેગ કહેવામાં આવે છે. વેગ એકમૂલ્ય ન હોય તો તેને ચલિત અથવા પ્રવેગી વેગ કહેવામાં આવે છે. એક સેકન્ડમાં વેગમાં જે વધારો થાય તેને પ્રવેગ (acceleration) કહેવામાં આવે છે. વેગ ઓછો થતો હોય તો એક સેકન્ડમાં વેગનો જે ઘટાડો થાય તેને પ્રતિવેગ (retardation) કહેવામાં આવે છે.

૪. પૃથ્વી ઉપર પદાર્થોને ગુરૂત્વાકર્ષણ લાગે છે એટલે એ પદાર્થો નીચે પડે ત્યારે તેમની ગતિને પ્રવેગ લાગુ પડે છે. નીચે પડતા દરેક પદાર્થનો વેગ સેકન્ડમાં ૯૮૦ સેમિ./સેક. જેટલો અથવા ૩૨ ફૂટ/સેક. જેટલો વધે છે. ઊંચે ફેંકેલા પદાર્થના વેગમાં એજ દરે ઘટાડો થાય છે. સ્થિર પદાર્થ નીચે પડવા લાગે તો અમુક સમયમાં કેટલું અંતર કાપે છે. તે નીચેના સમીકરણથી મળે છે.

$D = \frac{1}{2} gt^2$; જેમાં D = અંતર, g = ગુરૂત્વાકર્ષણનો પ્રવેગ અને t = સમય

૫. બે કાટખૂણ ગતિને જોડવાથી વર્તુલ ગતિ મળી શકે છે. વર્તુલ ગતિમાં ફરતા પદાર્થો ઉપર કેન્દ્રત્યાગી (centrifugal) બળ લાગુ પડે છે. આથી જ વર્તુલ ગતિથી ફરતા પદાર્થો કેન્દ્રથી દૂર ફેંકાઇ જવાનો પ્રયત્ન કરે છે. ગોફણમાંથી છૂટેલો ગોળો, વરાળ-યંત્રનો નિયામક, વગેરે અનેક દૃષ્ટાંતો આ બળની ખાતરી કરાવે છે. વર્તુલગતિમાં ફરતી વસ્તુને બહાર ફેંકાઇ જતી અટકાવવા માટે જે બળ વાપરવું પડે છે તેને કેન્દ્રગામી (centripetal) બળ કહેવામાં આવે છે.

૬. એક જ દિશામાં થતાં એક વસ્તુના વેગોનો સરવાળો કરવાથી પરિણામ વેગ (resultant velocity) મળે છે. સામસામી દિશામાં લાગતાં વેગની બાદબાકી કરવાથી પરિણામ વેગ મળે છે. બે વેગ ત્રાંસા લાગુ પડે તો તેનો પરિણામ વેગ તે બે વેગની વચ્ચે લાગુ પડે છે. બે વેગના પ્રમાણસર બે બાજુ દોરી તેના ઉપર એક સમાન્તર બાજુ ચતુષ્કોણ રચી વેગના બિંદુથી જે કર્ણ આવે તે સમાસવેગ અથવા પરિણામવેગ (resultant velocity) દર્શાવે છે. એજ પ્રમાણે સાદા વેગ અને પ્રવેગી વેગનો પણ સમાસ (composition) થાય છે.

પ્રકરણ ૧૦

બળ, કાર્ય અને શકિત

Force, Work and Energy

૧. બળ (Force) જેના વડે આપણા શરીરનાં સ્નાયુઓને શ્રમ પહોંચે છે અથવા ખેંચાણ થાય છે તેને સાધારણ રીતે બળ કહેવામાં આવે છે. દૃષ્ટાંત તરીકે આપણા હાથ ઉપર મોટો પથ્થર મૂકીએ તો આપણને તેનો ભાર લાગે છે અને તેને નીચે પડતો અટકાવવામાં આપણા સ્નાયુઓને શ્રમ પહોંચે છે. એટલે કે પથ્થર નીચે બળ કરે છે એમ આપણે કહીએ છીએ. જે સ્થિર વસ્તુ ઉપર બળ લાગે છે તે વસ્તુ ઘણેભાગે ખસે છે અથવા ખસવાનો પ્રયત્ન કરે છે. જેના ઉપર ઘણું બળ લાગે તે વસ્તુ ખસે છે, અને ઓછું બળ લાગે તો તે માત્ર ખસવાનો પ્રયત્ન કરે છે. વળી જો ખસતી વસ્તુની સામે બળ લગાડવામાં આવે તો તે વસ્તુ કયાં તો સ્થિર થઇ જાય છે અથવા સ્થિર થવાનો પ્રયત્ન કરે છે અથવા તો સામી દિશામાં ગતિ કરે છે.

જે વસ્તુ સ્થિર હોય તે બળ લાગતાં ખસે છે અથવા ખસવાનો પ્રયત્ન કરે છે; જે વસ્તુ ગતિમાન હોય છે તેના વેગમાં ફેર પડે છે. કેટલીકવાર બળને લીધે વેગમાં ફેર પડતો નથી, પરંતુ માત્ર દિશાફેર થાય છે. પરંતુ આપણે જોયું કે અમુક વસ્તુની ગતિ અથવા ગતિની દિશા બદલાય એટલે વસ્તુનો વેગ બદલાય છે. એટલે બળની ચોક્કસ વ્યાખ્યા આપણે નીચે પ્રમાણે કરીશું.

"જેને લીધે સ્થિર વસ્તુ ખસે છે કે ખસવાનો પ્રયત્ન કરે છે, અથવા ગતિમાન વસ્તુના વેગમાં ફેર પડે છે અથવા તેવો પ્રયત્ન થાય છે, તેને બળ કહેવામાં આવે છે."

૨. બળ, વજન અને વેગનો સંબંધ
Relation between force, mass and velocity

ઉપરની વ્યાખ્યા ઉપરથી માલૂમ પડશે કે બળ અને વેગને અરસપરસ સંબંધ છે. જો ઝીણવટથી તપાસીશું તો જણાશે કે બળ અને વજનને પણ કંઈક સંબંધ છે. ટૂંકમાં કહીએ તો એક વસ્તુ ઉપર લાગતા બળને વસ્તુના વજનને અને તેના વેગમાં થતા ફેરફારને કંઈક સંબંધ હોય છે.

અમુક બળથી એક સ્થિર દડાને ફટકો લગાવીએ તો તે અમુક વેગથી ખસવા લાગશે. એ જ બળથી બીજા તેવડા જ પણ વજનમાં ભારે દડાને ફટકો મારીએ તો માલૂમ પડશે કે તે દડો ઓછા વેગથી ખસે છે. એક ગબડતા હલકા દડાને ફટકો લાગવાથી તેના વેગમાં વધારો થાય છે, પરંતુ જો એ જ ફટકો ભારે ગબડતા દડાને લાગે તો વેગમાં ઓછો ફેર પડશે. આ ઉપરથી અનુમાન નીકળે છે કે એક જ બળથી થતો વસ્તુના વેગનો ફેરફાર વસ્તુના વજનથી વ્યુત્ક્રમ (ઊલટા) પ્રમાણમાં થાય છે. એકજ વસ્તુ ઉપર વત્તુંઓછું બળ લગાડીએ તો માલૂમ પડે છે કે વેગમાં થતા ફેરફારની વધઘટ બળના પ્રમાણમાં થાય છે. એ સિવાય બળને લાંબો વખત સુધી લગાડી રાખીએ તો વસ્તુના વેગનો ફેરફાર વધારે થશે. એ જ બળ ઓછો વખત લગાડીએ તો વેગનો ફેરફાર પ્રમાણમાં ઓછો થશે. આ ઉપરથી બીજું અનુમાન એ નીકળે છે કે વેગનો ફેરફાર જેટલો સમય બળ લાગે તેના પ્રમાણમાં થાય છે. આ હકીકત સાદી રીતે દર્શાવીએ તો

(બળ) × (બળ લાગવાનો કુલ સમય) ∝ (વજન) × (વેગનો ફેરફાર)

અથવા (ब × स) ∝ (व × क्ष)

ब = બળ

स = બળ લાગવાનો સમય

= વજન, જેના ઉપર બળ લાગે છે.

क्ष = વેગમાં થયેલો ફેરફાર.

ઉપરના સમીકરણમાં (व × क्ष) એ વજન અને વેગના વધારાનો ગુણાકાર સૂચવે છે. એ ગુણકાર સૂચવે છે કે એક વસ્તુ ઉપર એક બળ અમુક વખત સુધી લગાવીએ તો એના વેગના વધઘટનો આધાર વજન ઉપર રહે છે. વજન ઓછું હોય તો વેગની વધઘટ વધુ થશે. પરંતુ વજન અને વેગના વધઘટનો ગુણાકાર સરખો જ આવશે. આમ વજન અને વેગના જુદા જુદા વધારા કે ઘટાડા માપવા કરતાં ગમે તે વસ્તુના ‘વજન’ અને ‘વેગ’ નો ગુણાકાર લઈ તે ગુણાકારની વધઘટ નોંધીએ તોપણ બળની અસર માલૂમ પડે છે. એક વસ્તુના વજનને અને તેના વેગના ગુણાકારને વજનવેગ ‘વેગસંસ્કાર’ (momentum) એ સંજ્ઞાથી દર્શાવીશું.

૩. વજનવેગ (વેગસંસ્કાર) Momentum અને સંસ્કારબળ Impressed force

વજનવેગ વસ્તુના વજન અને વેગનું માપ બતાવે છે. વસ્તુનાં વજન જુદાં હોય અને તેમનો વેગ પણ જુદો હોય છતાં તેમના વજનવેગ (વેગસંસ્કાર) સરખાં હોઇ શકે; કારણ કે વજનવેગ (વેગસંસ્કાર) એટલે વજન અને વેગનો ગુણાકાર. હવે અમુક વસ્તુ ઉપર એક બળ લગાડવામાં આવે તો તેના વેગમાં ફેરફાર થશે જ, પરંતુ એ

ફેરફાર તેના વજનવેગ (momentum) ઉપર આધાર રાખશે. બળ વધુ વખત લાગે તો વજનવેગમાં વધુ ફેર પડે. બળ અને સમયના ગુણાકારને સંસ્કારબળ (impressed force) કહેવામાં આવે છે. વળી જે દિશામાં બળ લાગે છે તે જ દિશામાં વેગની વધઘટ પણ થાય છે. આ રીતે ઉપર દર્શાવેલો નિયમ ટૂંકમાં નીચે મુજબ છે: "એક વસ્તુના વજનવેગની વધઘટ તેના ઉપર લાગતા સંસ્કારબળના પ્રમાણસર હોય છે અને વજનવેગની વધઘટ બળની દિશામાંજ થાય છે."

હવે આ નિયમને પૂરેપૂરો સમજાય તે માટે એક દાખલો લઇએ. કોઇ એક વસ્તુ અમુક વેગથી ખસતી હોય અને તેના ઉપર થોડો વખત વધારાનું બળ લગાડવામાં આવે તો તેનો વેગ વધેલો માલૂમ પડશે. હવે ધારો કે

व = વસ્તુનું વજન

वे_1 = વસ્તુનો પ્રથમ વેગ

ब = વસ્તુ ઉપર લાગતુ બળ

स = બળ લગાડવામાં વીતેલો સમય

वे_2 = બળ લાગ્યા પછીનો (અંતનો) વેગ

એટલે $\text{ब} \times \text{स}$ = (બળ × સમય)

= સંસ્કારબળ (impressed force)

$\text{व} \times \text{वे}_1$ = શરૂઆતનો વજનવેગ (momentum)

$\text{व} \times \text{वे}_2$ = અંતનો વજન વેગ (")

$(\text{व} \times \text{वे}_2) - (\text{व} \times \text{वे}_1)$ = વજનવેગનો વધારો

$\text{व}\,(\text{वे}_2 - \text{वे}_1)$ = " "

આથી ઉપલા નિયમ પ્રમાણે

સંસ્કારબળ $\propto$ વજનવેગની વધઘટ

$$(\text{ब} \times \text{स}) \propto \text{व}\,(\text{वे}_2 - \text{वे}_1)$$

એટલે

$$\text{ब} \propto \text{व}\left(\frac{\text{वे}_2 - \text{वे}_1}{\text{स}}\right)$$

પરંતુ $वे_2 - वे_1$ = વેગનો વધારો બતાવે છે.

અને $स$ = એ વધારો થતાં વીતેલો સમય દર્શાવે છે.

હવે $\frac{\text{વેગનો વધારો}}{\text{સમય}}$ = પ્રવેગ હોવાથી,

$\frac{वे_2 - वे_1}{स} = प्र$ = વસ્તુનો બળથી થયેલો પ્રવેગ (acceleration) દર્શાવે છે.

ટૂંકમાં $ब \propto व \times प्र$

અથવા $ब = अ\ (व \times प्र)$

જેમાં $अ$ = એકમૂલ્ય (constant) સંખ્યા છે.

હવે જો વજન = ૧ ગ્રામ લઇએ,

પ્રવેગ = ૧ સેમી./ સેક.^{2}.

અને એટલા માટે જોઇતા બળને એકમ (unit) બળ કહીએ તો

અને તેથી $अ$ = ૧ થશે.

એટલે $ब = व \times प्र$

બળ = (વજન × પ્રવેગ)

આ ઉપરથી એક સાદું સત્ય સિદ્ધ થાય છે કે કોઇ ગતિમાન વસ્તુને કેટલું બળ લાગ્યું છે તે તેને લાગતા પ્રવેગ ઉપરથી માલૂમ પડે છે. દાખલા તરીકે એક ગ્રામ વજન ઉપર પૃથ્વીનું કેટલું બળ લાગે છે તે આપણે કાઢી શકીએ છીએ કારણ કે $व$ = ૧ ગ્રામ અને $प्र$ = ૯૮૦ સેમિ./સેક.^{2} છે એટલે

$ब = व \times प्र$ = ૧ × ૯૮૦ = ૯૮૦ એકમ બળ

ઉપર દર્શાવેલા એકમ બળને ડાઇન (dyne) કહેવામાં આવે છે. એટલે એક ગ્રામ ભાર = ૯૮૦ ડાઇનનું બળ કહેવાય. આ પ્રમાણે કોઇપણ વસ્તુ એક બળથી કેટલો પ્રવેગ મેળવે છે

અથવા મેળવી શકે તે જાણીએ તો તે બળની ગણતરી કરી શકાય છે.

બ્રિટિશ પદ્ધતિમાં એક રતલ (પાઉન્ડ) વજન ૧ ફૂટ/સેક.² પ્રવેગથી ખસે તો તેનું બળ એક પાઉન્ડલ જેટલું કહેવાય છે. એટલે પૃથ્વી ઉપર ૩૨ ફૂટ/સેક.²ના પ્રવેગથી દરેક વસ્તુ પડતી હોવાથી એક પાઉન્ડ ભારનું બળ ૩૨ પાઉન્ડલ થાય છે.

દશાંશ પદ્ધતિમાં એકમ બળને ડાઇન કહેવામાં આવે છે, અને બ્રિટિશ પદ્ધતિમાં પાઉન્ડલ કહેવામાં આવે છે. એક ડાઇન બળ એટલે જેનાથી ગ્રામના વજન ઉપર ૧ સેમિ./સેક.² પ્રવેગ લાગુ પડે તે; અને એક પાઉન્ડલ બળ એટલે જેના વડે એક પાઉન્ડ વજન ઉપર ૧ ફૂટ/સેક.² પ્રવેગ લાગુ પડે તે બળ.

૪. ન્યુટનના નિયમો ઉપર દર્શાવેલા નિયમો પ્રથમ ન્યુટને ઘડ્યા હતા અને એ નિયમોને ન્યુટનના નિયમો કહેવામાં આવે છે. તેણે મુખ્ય ત્રણ નિયમો ઘડેલ છે અને એ નિયમો વડે તેણે બળ, ગતિ અને વજનનો સંબંધ દર્શાવતા સિદ્ધાંત ઘડી કાઢ્યા છે.

ન્યુટનનો પહેલો નિયમ :—એ નિયમ એમ સૂચવે છે કે 'દરેક વસ્તુ પોતાની અવસ્થા આપમેળે બદલતી નથી અથવા દરેક વસ્તુમાં નિષ્ક્રિયત્વ (inertia) નો ગુણ રહેલો છે. એટલે કે વસ્તુ સ્થિર હોય તો સ્થિર જ રહે છે અને જો વસ્તુ એક સરખી ઝડપથી સીધી લીટીમાં જતી હોય તો હંમેશાં તે જ ઝડપથી તે જ દિશામાં, જ્યાં સુધી તેને બીજું બળ ન લાગે ત્યાં સુધી ગતિ કરશે. જો વસ્તુ સ્થિર હોય અને ગતિમાં આવે તો એમ માનવું કે તેના ઉપર બળની અસર થઇ છે અને જો સીધી લીટીમાં એકસરખી ગતિથી ખસતી હોય અને એ ગતિમાં

અથવા તેની ગતિની દિશામાં અથવા બંનેમાં ફેર પડે તો પણ એમ માનવું કે તેના ઉપર બળની અસર લાગુ થઈ છે. વળી એ ઉપરથી બળ શું છે તે અને આગળ (પા. ૧૯૦) આપવામાં આવેલી બળની વ્યાખ્યા આપણે સમજી શકીશું.

"જેને લીધે સ્થિર વસ્તુ ખસે છે કે ખસવાનો પ્રયત્ન કરે છે, અથવા ગતિમાન વસ્તુના વેગમાં ફેર પડે છે અથવા તેવો પ્રયત્ન થાય છે તેને બળ કહેવામાં આવે છે."

સ્થિર વસ્તુ હંમેશાં સ્થિર જ રહે છે એમાં તો શંકા નથી જ, પરંતુ જે વસ્તુ સીધી લીટીમાં એક સરખી ગતિથી ખસતી હોય તે તે જ દિશામાં અને તેટલી જ ઝડપથી ગતિ કરતી રહે છે. તેને માટે એકાદ દૃષ્ટાંત તપાસીએ, કારણ કે આ વસ્તુ આપણને સાધારણ રીતે અનુભવમાં આવતી નથી. સાધારણ ખરબચડી જમીન ઉપર એક લખોટાને ગબડાવીએ તો માલૂમ પડે છે કે તે થોડે જઈને અટકી પડે છે; પરંતુ જો એ જ લખોટાને બને તેટલી સપાટ અને લીસી જમીન ઉપર ગબડાવીએ તો માલૂમ પડે છે કે એ લખોટો ઘણે દૂર સુધી ગબડ્યા કરે છે. જમીનનો અને હવાનો અવરોધ (resistance) ન હોય તો દરેક વસ્તુ સપાટ જમીન ઉપર એકવાર ખસવા માંડે કે પછી અટકે જ નહિ. સારૂં છે કે જગતમાં હંમેશાં ગતિના માર્ગમાં અવરોધ હોય છે. એ અવરોધને લીધે જ આપણે ગતિ કરતી વસ્તુને અટકાવી શકીએ છીએ, અને ઘણા ઝડપથી વાહનને બ્રેક લગાવી રોકી શકીએ છીએ. ગતિ કરતી વસ્તુને હંમેશાં ઘર્ષણ (friction)નો અવરોધ લાગે છે. ઘર્ષણ બિલકુલ ન હોય તો ન્યુટનના નિયમાનુસાર ગતિમાન વસ્તુ હંમેશાં ગતિમાં જ રહેતે. ઘર્ષણના બળ સંબંધમાં કેટલાક નિયમો હવે પછી જણાવવામાં આવશે.

ન્યુટનનો બીજો નિયમ :-

ન્યુટનના બીજા નિયમનું પરિણામ આપણે ઉપર જોઈ ગયા છીએ. એ નિયમ નીચે પ્રમાણે છે.

"કોઇ પણ વસ્તુના વજનવેગ (momentum) માં થતો ફેરફાર તેના ઉપર લાગતા સંસ્કારબળ (impressed force) ના પ્રમાણસર અને બળની દિશામાં જ થાય છે." આ નિયમ ઉપરથી (બળ = વજન × પ્રવેગ) એ સંબંધ આપણે સંશોધ્યો છે.

આ ઉપરથી એમ માલૂમ પડે છે કે એક વસ્તુ ઉપર બળને લાંબો વખત લગાડીએ તો તેની અસર વધુ થાય છે અને તે વસ્તુના વેગમાં થતી વધઘટ તેના વજન ઉપર આધાર રાખે છે; વજન વધુ તો વેગમાં વધઘટ ઓછી અને વજન ઓછું તો વધઘટ વધારે.

ન્યુટનનો ત્રીજો નિયમ :-

ન્યુટનનો ત્રીજો નિયમ તદ્દન સાદો છે.

પ્રત્યેક બળના આઘાત (action) અને પ્રત્યાઘાત (reaction) સરખા અને પરસ્પર વિરોધી હોય છે. (Action and reaction are equal and opposite).

આ નિયમનો સ્પષ્ટાર્થ કરીએ. આપણે એક ટેબલ ઉપર હાથ પછાડીએ તો હાથ વડે કરેલા બળના જેટલો જ પ્રત્યાઘાત હાથની સામે ટેબલ કરે છે. એક બંદૂક ફોડીએ તો બંદૂકની ગોળી ઉપર બળની જેટલી અસર થાય છે તેટલી જ અસર સામી દિશામાં બંદૂક ઉપર પણ થાય છે. બંદૂક ભારે હોવાથી એની ઉપર પ્રત્યાઘાતની અસર ઓછી દેખાય છે. આ જ કારણથી જમીન ઉપર પડતી વસ્તુ અથડાઇને

વસ્તીઓછી ઊંચે ઊછળે છે. જો આઘાત કરતી વસ્તુની કાર્યશક્તિ (energy) અને પ્રત્યાઘાત પામેલી વસ્તુની કાર્ય-શક્તિની ગણુતરી કરીશું તો બન્ને સરખી જ માલૂમ પડશે.

૫. સમાસબળ
Resultant force
અને
બળનો સમાન્તરબાજુ ચતુષ્કોણ
Parallelogram of forces.

વસ્તુ ઉપર બળની શી અસર થાય તે જોયા પછી હવે એક જ વસ્તુ ઉપર અનેક બળ લગાડવામાં આવે તો તેનું પરિણામ કયી દિશામાં આવે અને એ પરિણામે આવતું બળ અથવા સમાસબળ (resultant force) કેટલું થાય તે વિષે હવે કંઇક વિચાર કરીએ.

એક વસ્તુ ઉપર એકથી વધુ બળ એક સામટાં લાગે તેનાથી જેટલી અસર થાય તેટલી જ અસર જે એક બળ વડે થાય તે બળને બધા બળોનું સમાસબળ (resultant force) કહેવામાં આવે છે.

(૧) ધારો કે એક વસ્તુ ઉપર એક જ દિશામાં બે જુદાં જુદાં બળ $ब_1$ અને $ब_2$ લાગે તેના પરિણામે એ જ દિશામાં કુલ સમાસબળ $ब = ब_1 + ब_2$ થશે.

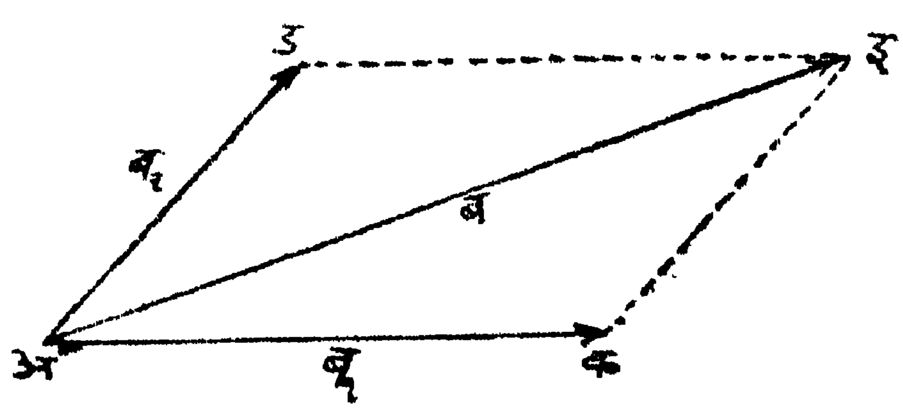
(૩) જો બન્ને બળ સામસામેની દિશામાં પરંતુ એક જ સીધી લીટીમાં લાગે તો કુલ સમાસબળ એ બન્ને બળના તફાવત જેટલું થશે; એટલે $ब = ब_1 - ब_2$ (જો $ब_1 > ब_2$ તો સમા-સબળ $ब_1$ ની દિશામાં લાગશે.)

(૩) બે અથવા વધારે બળ એક જ વસ્તુ ઉપર પરસ્પર વિરૂદ્ધ દિશામાં લાગે, પરંતુ બન્ને બળ સીધી લીટીમાં ન હોય તો એ બળની અસરથી વસ્તુ ચક્રગતિમાં ફરતી થશે.

આવા બળની અસરને પરિબળ (turning moment) કહેવામાં આવે છે. (આમ છતાં જો એક બાજુનું સમાસબળ બીજી બાજુના સમાસબળ જેટલું જ થાય અને તે બન્ને એક જ બિંદુ ઉપર લાગે તો વસ્તુ સ્થિર રહે છે.)

એ બન્ને બળ એક જ દિશામાં અથવા સામસામા ન હોય તો તેમનો વેગનો સમાસવેગ શોધવા આપણે જે રચના કરી હતી તે જ કરવી પડશે. ધારો કે अक અને अड લીટી એક વસ્તુ ઉપર લાગતાં બે બળ $ब_1$ અને $ब_2$ બતાવે છે. એ બન્ને બાજુ ઉપર એક સમાન્તર-બાજુ ચતુષ્કોણ अकइड દોરીએ અને તેનો अइ કર્ણ (diagonal) લઈએ તો તે લીટી સમાસબળ (resultant force) ब ને મૂલ્યમાં અને દિશામાં (in magnitude and direction) દર્શાવશે. હવે જો अ આગળ એક વસ્તુ રાખી હોય અને તેના ઉપર अक દિશામાં અને अड દિશામાં બે બળ લગાડવામાં આવે તો એ વસ્તુ ઉપર કુલ બળ अइ જેટલું લાગશે અને તેટલા બળથી એ વસ્તુ अइ દિશામાં ખસશે. આ રચનાને બળનો સમાન્તર-બાજુ ચતુષ્કોણ કહેવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૯૧



૬. બળનું સમતોલપણું Equilibrium of forces અને સમતોલબળ Equilibrant

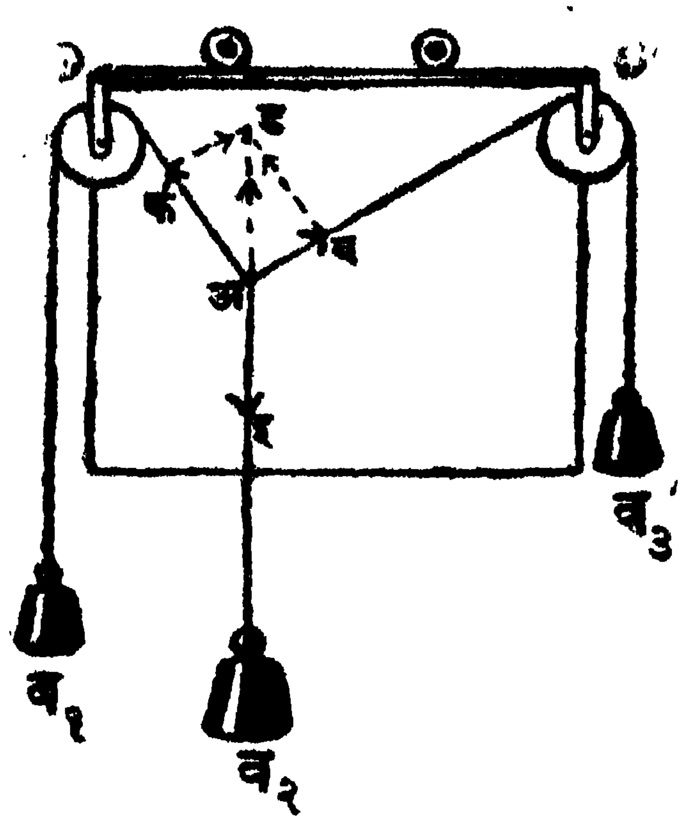
એક વસ્તુ ઉપર બે સરખાં પરંતુ પરસ્પર વિરોધી બળ એક જ સીધી લીટીમાં લાગતાં હોય તો તે બન્ને બળો એકબીજાને સમતોલ કરે છે, અને તેથી વસ્તુ સ્થળાંતર થતી નથી.

એ જ પ્રમાણે એક વસ્તુ ઉપર એક દિશામાં બે બળો અને ત્રીજું બળ સામી દિશામાં લાગતું હોય અને એ જો એ એક દિશાના બન્ને બળનો સરવાળો સામી બાજુના ત્રીજાં બળ જેટલો થાય તો એ બળો પણ સમતોલ રહેશે. આપણે ત્રાજવું ઊંચકીએ છીએ ત્યારે ત્રાજવાંના પલ્લાંના બે બળોનો સરવાળો આપણા હાથ વડે ઊંચકવાના બળના જેટલો થાય છે.

કેટલીક વખતે ત્રણ બળો એક વસ્તુ ઉપર એક જ બિંદુએ જુદી જુદી દિશામાં લાગે છે, છતાં તે વસ્તુ સમતોલ રહે છે. એનું કારણ એ છે કે એ ત્રણે બળમાંથી ગમે તે બે બળો લઇને તેમનું સમાસબળ (resultant force) કાઢીએ તો તે ત્રીજાં બળના જેટલું જ અને ત્રીજાં બળની લીટીમાં સામી દિશામાં આવે છે. આથી એક વસ્તુ ઉપર ત્રણ બળ લાગતાં હોય તો ગમે તે બે બળ લઇને તેમનો સમાન્તર બાજુ ચતુષ્કોણ રચી કર્ણ વડે દર્શાવતું સમાસબળ કાઢવું. એ બળ ત્રીજાં બળની સીધી લીટીમાં આવવું જોઇએ અને તે બળથી વિરૂદ્ધ દિશામાં અને તેટલું જ હોવું જોઈએ, તોજ વસ્તુ સમતોલ રહે છે. આ ત્રીજું બળ જે બીજાં બે બળને સમતોલે છે તેને સમતોલ બળ (equilibrant force) કહેવામાં આવે છે.

પ્રયોગઃ—આકૃતિ (૯૨)માં દર્શાવ્યા મુજબ એક પાટિયાંને બે ગરગડી લગાવો. હવે ત્રણ વજનને ત્રણ દોરી વડે अ આગળ બાંધી બતાવ્યા પ્રમાણે લટકાવો. $व_2$ વજન $व_1$ અને $व_3$ કરતાં મોટું હોવું જોઇએ. ત્રણે વજન બતાવ્યા મુજબ સમતોલ થશે. अक દોરી તરફ $व_1$ વજનનું બળ લાગે છે, અને તે જ પ્રમાણે $व_2$ અને $व_3$ વજનના બળ અનુક્રમે अड અને अब દિશામાં લાગે છે. આ ઉપરથી

આકૃતિ ૯૨



સમજાય છે કે अक અને अब દિશામાં લાગતાં એ બળને अइ દિશામાં લાગતું બળ સમતોલે છે. अइ દિશામાં લાગતાં બળને व$_1$ અને व$_3$ બળનું સમતોલ બળ કહેવામાં આવે છે.

હવે એ દોરીની નીચે પાટિયાં ઉપર કાગળ ચોઢી अक = व$_1$ બળ, अइ = व$_2$ બળ અને अब = व$_3$ બળ થાય એમ નોંધ કરો. अबकड સમાન્તરબાજુ ચતુષ્કોણુ રચો. अड લીટી अक અને अब નું સમાસબળ બતાવે છે. अड ની લંબાઇની નોંધ કરો અને જુઓ કે

(૧) अड = अइ

અને (૨) अड અને अइ એકજ લીટીમાં છે.

व$_1$, व$_2$ અને व$_3$ ની જગ્યાએ બીજાં વજનો લઇ ઉપરનો પ્રયોગ ફરીથી કરો.

ઉપરના પ્રયોગમાં व$_2$ બળ व$_1$ અને व$_3$ બળોનું સમતોલબળ છે. व$_2$ બળ व$_1$ અને व$_3$ ના સમાસબળની સરખું થાય છે અને તેની સીધી લીટીમાં પરંતુ વિરૂદ્ધ દિશામાં હોય છે. એજ પ્રમાણે व$_3$ બળને પણ व$_1$ અને व$_2$ નું સમતોલબળ કહી શકાય. જો ઉપરના પ્રયોગોમાં બતાવ્યા પ્રમાણે व$_2$ અને व$_3$ નો સમાન્તરબાજુ ચતુષ્કોણુ રચી તેમનું સમતોલ બળ કાઢીએ તો માલૂમ પડશે કે તે સમતોલ બળ व$_1$ ના જેટલું થાય છે અને તેનાથી વિરૂદ્ધ દિશામાં લાગુ પડે છે.

[જો બધાં બળો વસ્તુ ઉપર એકજ બિંદુએ ન લાગતાં હોય તો દરેક બળ વસ્તુને ચક્રાકાર ફેરવવાનો પ્રયત્ન કરે છે. એ બળની અસરને પરિબળ (turning moment) કહેવામાં આવે છે. જો બન્ને

દિશાના પરિબળ સરખાં થાય તો વસ્તુ સ્થિર રહે છે અને નહિતર ફરે છે.]

૭. કાર્ય, Work કોઇપણ કાર્ય કરવામાં આપણને બળ વાપરવું પડે છે. બળ વાપર્યા વિના કાર્ય થઇ શકે નહિ. આથી ઉલટું બળ વાપરવાથી હંમેશા કાર્ય થઇ શકતું નથી. સાધારણ રીતે અપાતી કાર્યની વ્યાખ્યા અને વૈજ્ઞાનિક કાર્યની વ્યાખ્યામાં ફેર હોય છે. દાખલા તરીકે એક માણસને એક મોટો પથ્થર ખસેડવામાં કહ્યું હોય, પરંતુ આખો દિવસ બળ વાપર્યા છતાં પણ પથ્થરને જો તે ખસેડી ન શકે તો વૈજ્ઞાનિક દૃષ્ટિએ કંઇપણ કાર્ય થયું ન કહેવાય. બળ વાપર્યાથી બળની દિશામાં વસ્તુ ખસે ત્યારે જ કાર્ય થયેલું ગણવામાં આવે છે. એજ પ્રમાણે માથા ઉપર વજન મૂકી એક માણસ સપાટ જમીન ઉપર લાંબો વખત ચાલે તો પણ તેણે કાર્ય કરેલું ન ગણાય. કારણ કે માથા ઉપરના વજનનો ભાર શિરોલંબ દિશામાં લાગે છે, એટલે એ ભારની દિશામાં જ્યાં સુધી માણસ ખસે નહી એટલે કે સપાટ જમીનથી ઊંચે જાય નહિ ત્યાં સુધી વૈજ્ઞાનિક રીતે કાર્ય થયેલું ગણાતું નથી.

"જ્યારે બળની દિશામાં અમુક વસ્તુ ખસે છે ત્યારે કાર્ય થયેલું ગણાય છે; અને બળ અને એ દિશામાં કપાયેલાં અંતરના ગુણાકારથી કાર્યનું માપ મળે છે."

કાર્ય = (બળ) × (બળની દિશામાં કપાયેલું અંતર)

का = ब × अ

૮. કાર્યના એકમ Units of work ઉપરના નિયમ અનુસાર કાર્યના એકમ નક્કી કરવામાં આવ્યાં છે. દશાંશ પદ્ધતિ પ્રમાણે બળનો એકમ ડાઇન (dyne) છે અને અંતરનો એકમ સેન્ટિમિટર છે એટલે

એકમ કાર્ય = એક ડાઇનનું બળ × એક સેન્ટિમિટરનું અંતર
= એક અર્ગ

unit work = one dyne of force × one centimeter
= one erg [length

એટલે એક ડાઇન બળથી એક વસ્તુ બળની દિશામાં એક સેન્ટિમિટર અંતર ખસે તો એક અર્ગ જેટલું કાર્ય થયું ગણાય.

એજ પ્રમાણે બ્રિટિશ પધ્ધતિમાં

એકમ કાર્ય = એક પાઉન્ડલ × એક ફૂટ અંતર
= એક ફૂટ–પાઉન્ડલ

unit work = one poundal of force × one foot
= one foot–poundal [length

એટલે દશાંશ પદ્ધતિમાં કાર્યનો એકમ = ૧ અર્ગ
અને બ્રિટિશ „ „ „ = ૧ ફૂટ–પાઉન્ડલ

ઉપરના એકમ બહુ નાના હોવાથી કેટલીક વાર ગુરૂત્વ એકમ (gravitational units) વાપરવામાં આવે છે.

ગુરૂત્વ એકમમાં દશાંશ પદ્ધતિ પ્રમાણે એકમ બળ = ૧ ગ્રામ બળ
= ૯૮૦ ડાઇન
અને „ „ બ્રિટિશ „ „ „ „ = ૧ પાઉન્ડ બળ
= ૩૨ પાઉન્ડલ

એટલે દશાંશ પદ્ધતિમાં

કાર્યનો ગુરૂત્વ એકમ = ૧ ગ્રામ બળ × ૧ સેન્ટિમિટર
= ગ્રામ–સેન્ટિમિટર જેટલું કાર્ય
= ૯૮૦ અર્ગ

the gravitational unit of work
= 1 one gram of force × 1 cm.
= 1 gram–centimeter of work
= 980 ergs

એજ પ્રમાણે બ્રિટિશ પધ્ધતિમાં

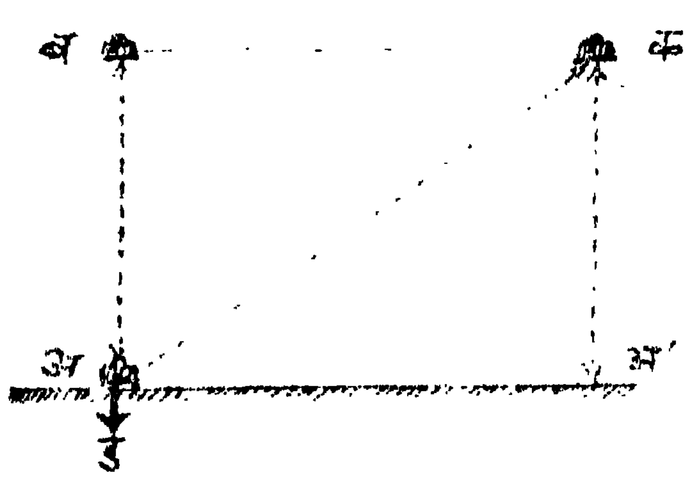
કાર્યનો ગુરૂત્વ એકમ = ૧ પાઉન્ડ બળ × ૧ ફૂટ
= ૧ ફૂટ–પાઉન્ડ જેટલું કાર્ય
= ૩૨ ફૂટ–પાઉન્ડલ કાર્ય

the gravitational unit of work
= 1 one pound of force×1 foot
= one foot–pound of work
= 32 foot-poundals

અર્ગનો એકમ ઘણો નાનો હોવાથી વ્યવહારમાં ઘણોખરો એક મોટો એકમ (જૂલ) વપરાય છે.

એક જૂલ = ૧૦૦૦૦૦૦૦, અર્ગ = ૧૦^૭ અર્ગ.

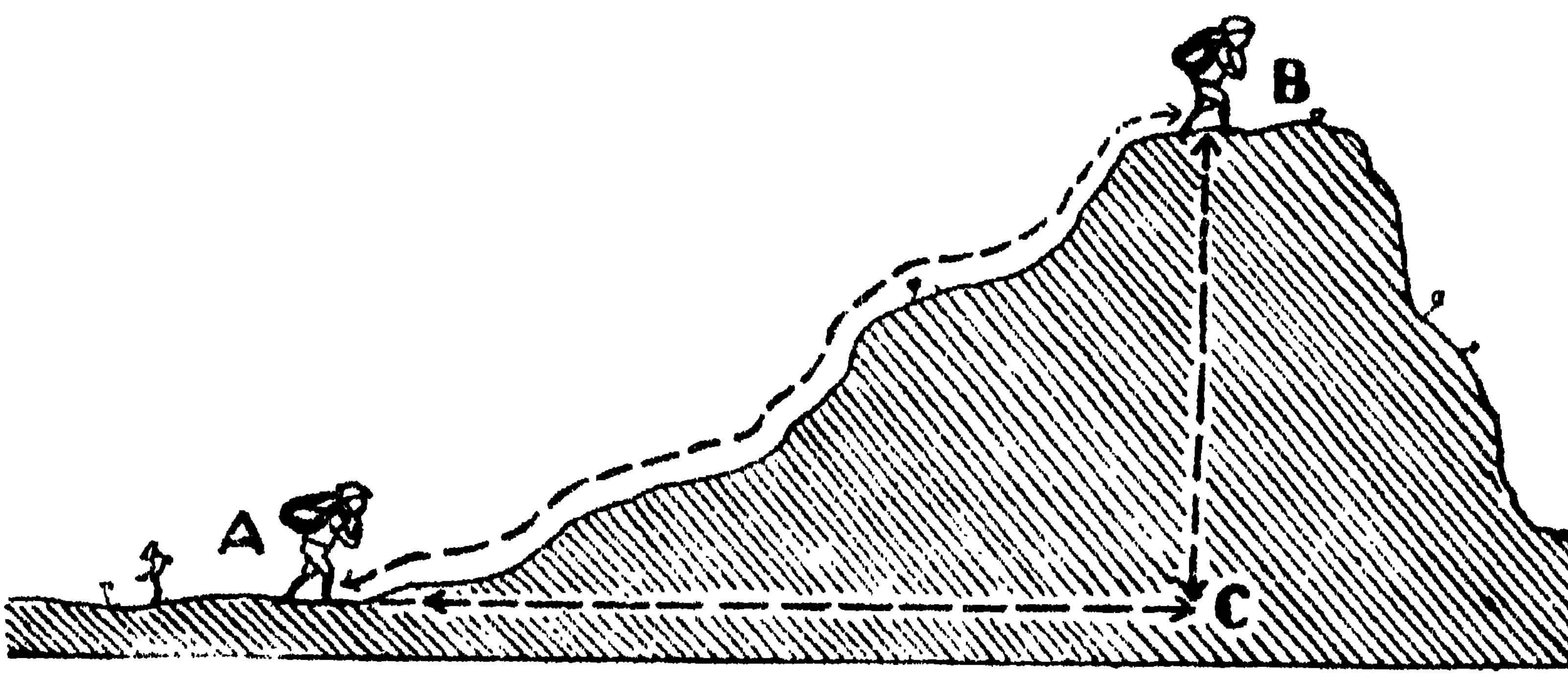
આકૃતિ ૯૩.



આ રીતે કાર્યની ગણતરી કરવામાં હમેશાં ધ્યાનમાં રાખવાની ખાસ જરૂર એ છે કે બળ અને અંતરનો ગુણાકાર કરતાં એ વસ્તુ બળની દિશામાં જ કેટલું અંતર ખસી છે તેની ગણતરી કરવાની જરૂર છે. બીજી આડી અવળી દિશામાં તે ગમે તેટલી ખસે તો તે ધ્યાનમાં લેવાની જરૂર નથી. દાખલા તરીકે अ આગળથી એક વજનને ब અથવા क આગળ લઇ જઇએ તો એ બન્નેમાં કાર્ય એક સરખું જ ગણાય છે (આકૃતિ ૯૩). કારણ કે વસ્તુનું વજન अड દિશામાં છે એટલે એ બળની દિશામાં આપણે अब જેટલું જ અંતર अ થી ब લઇ જવામાં પણ કાપીએ છીએ; બળ જે દિશામાં લાગતું હોય તે દિશામા એક સીધી લીટી દોરી તે જ દિશામાં કેટલું અંતર કપાયું તે માપી, બળ અને અંતરનો ગુણાકાર કરવાથી કાર્યનું માપ નીકળે છે.

એજ પ્રમાણે એક માણસ A થી B સુધી ઊંચે જાય (આકૃતિ ૯૪) તે જેટલું કાર્ય કરે તેટલું જ કાર્ય C થી B સુધી ઊંચે જવામાં પણ થાય છે.

આકૃતિ ૯૪.



૯. કાર્યત્વરા, Power

કાર્યત્વરા (power) એટલે કાર્ય કરવાનો દર અથવા કાર્ય કરવાની ઝડપ. અમુક વખતમાં જેટલું કાર્ય થઇ શકે તે દરને કાર્યત્વરા (power) કહેવાય છે.

$$\text{કાર્યત્વરા} = \frac{\text{કાર્ય}}{\text{સમય}}, \qquad \text{कात्व} = \frac{\text{का}}{\text{स}}$$

ખાસ કરીને મોટાં યંત્રો વાપરવામાં તેમની કાર્ય કરવાની ઝડપ જાણવાની જરૂર પડે છે. એટલે એ માપ કાઢવા માટે પણ અમુક એકમ રાખવામાં આવ્યા છે. ઉપલાં સમીકરણમાં જો स = ૧ સેકન્ડ હોય તો कात्व = का થશે, માટે એક સેકન્ડમાં જેટલું કાર્ય થઇ શકે તે કાર્યને કાર્યત્વરા કહેવામાં આવે છે.

દશાંશ પદ્ધતિ પ્રમાણે એક સેકન્ડમાં એક જૂલ ($૧૦^૭$ અર્ગ) કાર્યને એક વેટ (watt) કાર્યત્વરા કહેવાય છે.

બ્રિટિશ પદ્ધતિમાં એક સેકન્ડમાં ૫૫૦ ફૂટ–પાઉન્ડ કાર્ય થાય તો તેને એક હોર્સપાવર (horse-power) કહેવામાં આવે છે.

એટલે એક હોર્સપાવરનું યંત્ર હોય તે એક સેકન્ડમાં ૫૫૦ ફૂટ–પાઉન્ડ કાર્ય કરે છે; જ્યારે આઠ હોર્સપાવરનું યંત્ર એક સેકન્ડમાં આઠગણું કાર્ય કરે છે. સાધારણ રીતે એમ માનવામાં આવતું હતું કે એક ઘોડો એક સેકન્ડમાં ૫૫૦ ફૂટ–પાઉન્ડ જેટલું કાર્ય કરી શકે. એ આશરા ઉપરથી ઘોડાની કાર્યત્વરાનો ખ્યાલ આપતો આ માપનો એકમ નક્કી કરવામાં આવ્યો હતો.

૧૦ કાર્યશક્તિ, Energy

હવે આપણે કાર્યશક્તિ એટલે અમુક વસ્તુની કાર્ય કરવાની શક્તિ કેવી અને કેટલી હોઇ શકે તે વાત ચર્ચીશું. ઘણી વસ્તુ તેની અમુક અવસ્થાને લીધે કાર્ય કરવાને શક્તિમાન બને છે. દાખલા તરીકે એક સ્પ્રીંગ (કમાન) ને ખૂબ વાળીને કે વિંટાળીને પછી ઉકલવા દઇએ તો તે કાર્ય કરી શકે છે. આ જ રીતે ઘડિયાળની કમાનને ચાવી આપી ખૂબ વિંટાળી આપણે ઘડિયાળના કાંટા ચલાવવાનું કાર્ય સાધી શકીએ છીએ; અથવા એ જ રીતે ઊંચા ટાવરના ઘડિયાળને ચલાવવા મોટાં વજનનો ઉપયોગ કરીએ છીએ. લાંબા તારને એક ધરી ઉપર વિંટાળી એક છેડે મોટું વજન લટકાવવામાં આવે છે. એ વજનને નીચે પડવા દેવામાં આવે છે, એટલે તાર ઉકેલાતાં ધરી ફરે છે અને તે બળથી ઘડિયાળનું લોલક હંમેશાં આંદોલિત રહે છે. આ ઉપરથી સિદ્ધ થાય છે કે અમુક સ્થિતિમાં ઘણી વસ્તુઓ કાર્ય કરવાને

શક્તિમાન થાય છે. ઊંચા પર્વત ઉપર ભરાયેલાં પાણીને ધોધની માફક નીચે પડવા દઇએ તો તેના વડે અમુક કાર્ય સાધી શકાય છે. મુંબઇ શહેરને પૂરી પાડવામાં આવતી વિદ્યુત ખપોલી આગળ આવેલા ટાટાના કારખાનામાં પાણીના બળથી ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે.

અમુક જાતની અવસ્થાને લીધે વસ્તુની અંદર જ કાર્ય કરવાની જે શક્તિ રહેલી છે, તેને સંભાવ્યશક્તિ (potential energy) અથવા અવસ્થાશક્તિ કહેવામાં આવે છે.

વસ્તુ ગતિમાન હોય છે ત્યારે તેમાં પણ કાર્ય કરવાની શક્તિ હોય છે. એક મોટો પથ્થર નીચે પડે તો તેનાથી કાર્ય થઇ શકે છે. પવન વાતો હોય એટલે ગતિમાન હોય તો તે પવનચક્કિ ચલાવી શકે છે. આ ઉપરથી જણાય છે ગતિવાળી વસ્તુ હોય તેમાં પણ કાર્ય કરવાની શક્તિ હોય છે.

ગતિમાન વસ્તુમાં કાર્ય કરવાની જે શક્તિ રહેલી હોય છે તેને ગમનશક્તિ (kinetic energy) કહેવામાં આવે છે.

આ સિવાય પણ શક્તિ અનેકરૂપે વસ્તુમાં રહેલી છે. દાખલા તરીકે ઉષ્ણુતાને લીધે પણ શક્તિ ઉત્પન્ન થાય છે. પર્વત ઉપર રહેલાં પાણીમાં સંભાવ્યશક્તિ (potential energy) છે. પાણીને ગતિમાન કરીને એ શક્તિનું આપણે ગમનશક્તિ (kinetic energy) માં રૂપાંતર કરીએ છીએ. એ ગમનશક્તિનું આપણે વિદ્યુતશક્તિમાં રૂપાંતર કરીએ છીએ. વિદ્યુતશક્તિને પાછી ઉષ્માશક્તિ (heat energy) માં અને ગાડી કે ટ્રામ દોડે ત્યારે ગમનશક્તિમાં રૂપાંતર કરી શકીએ છીએ. આ રીતે શક્તિનું હંમેશાં એકથી બીજાંમાં રૂપાંતર થયા કરે છે. આમ છતાં જુદી જુદી જાતની શક્તિઓના રૂપાંતરમાં શક્તિનો

ક્ષય થતો નથી, પરંતુ કુલ શક્તિ તેટલી જ રહે છે. કોઇ પણ શક્તિની આપલે થાય અથવા તેનું રૂપાંતર થાય પરંતુ કુલ શક્તિ હંમેશાં તેટલીને તેટલી જ રહે છે. શક્તિના કુલ જથ્થામાં કંઇ વધઘટ થતી નથી.

આ ઉપરથી પદાર્થવિજ્ઞાનનો એક નિયમ ઘડવામાં આવ્યો છે કે આ વિશ્વમાં અનેકરૂપે જે શક્તિ પ્રવર્તી રહેલી છે તે સર્વનો કુલ સરવાળો હંમેશાં એકનો એક જ રહે છે. શક્તિમાં અનેક જાતનું રૂપાંતર થાય છે, પરંતુ શક્તિના જથ્થાનો કુલ સરવાળો તેટલો જ રહે છે. નવી શક્તિને પેદા કરી શકાતી નથી તેમ જે શક્તિ છે તેનો નાશ થઇ શકતો નથી. આ નિયમને શક્તિસંચય (conservation of energy) નો સિદ્ધાંત કહેવામાં આવે છે.

૧૧. ઘર્ષણ, Friction

આગળ દર્શાવવામાં આવ્યું તેમ ગતિમાં આવેલી વસ્તુને ઘસારાને લીધે હંમેશ અવરોધ લાગે છે અને તેને ઘર્ષણબળ કહેવામાં આવે છે. બે વસ્તુ પરસ્પર ગતિમાં આવે એટલે ઘર્ષણ ઉત્પન્ન થાય છે અને ગતિની ઉલટી દિશામાં એ ઘર્ષણનું બળ લાગે છે. જો ગતિની દિશા બદલાય તો ઘર્ષણબળની દિશા પણ ઉલટી થાય છે. ઘર્ષણબળ વસ્તુના વજનના પ્રમાણમાં વધતું જાય છે. ઘર્ષણબળનાં નિયમો નીચે મુજબ છેઃ—

(૧) ગતિ કરતી વસ્તુનો નીચેની સપાટી ઉપર શિરોલંબ (vertical) દિશામાં જે ભાર લાગે તેના પ્રમાણમાં ઘર્ષણ બળ લાગે છે.

અમુક સપાટી ઉપર એક વસ્તુને લાગતું ઘર્ષણ બળ અને તેના શિરોલંબ ભારનો ગુણોત્તર (ratio of force of

friction and vertical reaction) એકમૂલ્ય (constant) રહે છે. એ ગુણોત્તરને ઘર્ષણાંક (coefficient of friction) કહેવામાં આવે છે.

(૨) ઘર્ષણબળનો આધાર સપાટીના પ્રકાર ઉપર રહે છે પરંતુ સપાટીના વિસ્તાર ઉપર રહેતો નથી.

લીસી સપાટી હોય તો ઘર્ષણબળ ઓછું લાગે છે અને ખરબચડી હોય તો વધુ લાગે છે.

ઘર્ષણબળને લીધે હમેશાં કાર્ય કરવામાં જે બળ વપરાય છે, તેમાંનું કેટલુંક બળ નકામું જાય છે. કાર્યના સિદ્ધાન્ત પ્રમાણે જેટલું કાર્ય એક યંત્રમાં કરવામાં આવે છે તેટલું જ કાર્ય યંત્રદ્વારા મળી શકે છે; પરંતુ એમાંથી થોડું કાર્ય હંમેશાં આ ઘર્ષણબળને લીધે નકામું જાય છે. એટલે યંત્રદ્વારા ઉત્પન્ન થતું કાર્ય હમેશાં યંત્રને ચલાવવામાં કરેલાં કાર્યથી હંમેશ ઓછું જ હોય છે.

સ્થિર વસ્તુ ગતિમાં આવે તે વખતે જે ઘર્ષણબળ લાગે છે તેને સ્થિત ઘર્ષણ (static friction) કહેવામાં આવે છે. ગતિમાન વસ્તુને જે ઘર્ષણબળ લાગે છે તેને ચલિત ઘર્ષણ (dynamic friction) કહેવામાં આવે છે. સ્થિત ઘર્ષણ ચલિત ઘર્ષણથી હમેશાં ઘણું વધારે હોય છે અને તેથી જ વસ્તુને ગતિમાં લાવતી વખતે જે બળ જોઇએ તેના કરતાં ગતિમાં ટકાવી રાખવા જે બળ જોઇએ તે હમેશાં ઓછું હોય છે. આ ઉપરાંત દરેક જાતના ઘર્ષણમાં સરતી વસ્તુને ગબડતી વસ્તુ કરતાં વધુ ઘર્ષણ લાગે છે. સરતી વસ્તુને લાગતાં ઘર્ષણને સરતું ઘર્ષણ (sliding friction) અને ગબડતી વસ્તુને લાગતાં ઘર્ષણને લોલઘર્ષણ (rolling friction) કહેવામાં આવે છે. લોલઘર્ષણ સરતાં ઘર્ષણથી ઘણું ઓછું છે.

ઘર્ષણબળને ઓછું કરવું હોય તો વસ્તુને ગબડાવવાથી થઇ શકે છે. એક ગાડીના પૈડાંને માત્ર ઘસડવામાં આવે તો તે વખતે વધુ ઘર્ષણબળ લાગે છે; પરંતુ તેને ગબડાવવાથી તે ઓછું થાય છે. મોટરનાં અથવા સાઇકલના પૈડાંની ધરી આગળ ઘર્ષણબળ ઓછું કરવામાં આ નિયમનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. ધરી અને પૈડાંની વચ્ચે આકૃતિ (૯૫ '૧') પેઠે સીધો સંબંધ ન રાખતાં બન્નેની વચ્ચે સખત ધાતુના ગોળા રાખેલા હોય છે (આકૃતિ ૯૫ '૨'). ધરીને ખેંચવાથી પૈડું ફરે

આકૃતિ ૯૫.

(૧) (૨)



છે અને તેને લીધે ધરીની વચ્ચેના ગોળા પણ ફરવા માંડે છે, અને ઘર્ષણબળને ઓછું કરે છે. આવી રચનાને બૉલ-બૅરીંગ (ball-bearing) કહેવામાં આવે છે. લોલઘર્ષણ ઓછું હોવાથી ઘણાંખરાં યંત્રોની ધરીની ફરતે બૉલ-બૅરીંગ રાખવાથી ઘર્ષણરૂપે થતો શક્તિનો વ્યય અટકે છે.

૧૨. બ્રેક, Brake ઘર્ષણને લીધે જ એકવાર ગતિમાં આવેલી વસ્તુ અટકે છે. ઘર્ષણને લીધે જ ઘડિયાળનું લોલક વખત જતાં અટકી જતું હોવાથી તેમાં કમાન વાપરવી પડે છે; એટલું જ નહિ પરંતુ ઘર્ષણને લીધે જ વસ્તુ ગતિમાં આવી શકે છે. જો મોટરના પૈડાં ફરવાં માંડે અને જમીનની સપાટી સાથે બિલકુલ ઘર્ષણ ન થતું હોય તો

તે પૈડાં આગળ વધવાને બદલે ત્યાંનાં ત્યાં જ ગોળ ફર્યાં કરશે, અને આગળ ગતિ કરશે નહિ. આવા બનાવ કેટલીક વાર આગગાડીમાં બને છે. પૈડાં અને પાટા બહુ જ લીસા હોવાથી કોઇકવાર પૈડાં ચક્રાકાર ફરતાં થાય છે, છતાં ગાડી આગળ વધી શકતી નથી. આવી વખતે ઘર્ષણ વધે તેટલા માટે ગાડીના પૈડાં આગળ બારીક રેતીની એક પટી ભરી રાખેલી હોય છે તેમાંથી થોડી રેતીને પાટા ઉપર વેરવામાં આવે છે; આથી પૈડાં અને પાટાની વચ્ચે ઘર્ષણ થવાથી ગાડી ચાલે છે. એ જ પ્રમાણે વસ્તુની ગતિ અટકાવવામાં ઘર્ષણ બળનો જ ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. કોઇપણ વાહનની ગતિ એકાએક રોકવાને માટે 'બ્રેક' રાખવામાં આવે છે. 'બ્રેક' એટલે પૈડાંની સાથે જેને ચુસ્ત દબાવી દઈ ખૂબ ઘર્ષણ ઉત્પન્ન કરી તેની ગતિને અવરોધીએ તે સાધન. દરેક ઝડપી વાહનમાં બ્રેક રાખવામાં આવે છે. ફરતાં પૈડાંની સાથે બ્રેકને એકાદ ઉચ્ચાલન (lever) જેવાં સાધનથી સજ્જડ કરી દેવાય કે તુરત ફરતાં પૈડાંનો વેગ ધીમો પડીને અંતે બંધ પડી જાય છે અને તેથી વાહન થંભે છે.

સાર

૧. જેને લીધે સ્થિર વસ્તુ ખસે અથવા તેમ કરવાનો પ્રયત્ન કરે અથવા ખસતી વસ્તુના વેગમાં ફેર પડે અથવા તેવો પ્રયત્ન થાય છે તેને બળ કહેવામાં આવે છે. આપણને બળનો ખ્યાલ આપણા સ્નાયુને પહોંચતા શ્રમ વડે જ આવે છે.

૨. એક વસ્તુ ઉપર બળ લાગે તો તેનાથી તેના વેગમાં ફેરફાર થાય છે અથવા તેવો પ્રયત્ન થાય છે. બળની અસર બળ અને બળ લગાડવાના સમય ઉપર રાખે છે. બળ અને સમયનો ગુણાકાર તે સંસ્કારબળ. સંસ્કારબળ વધુ તેમ તેની અસર પણ વધુ. વસ્તુના વજન

અને વેગનો ગુણાકાર તે વજનવેગ. વજનવેગના વધઘટનો આધાર સંસ્કારબળ ઉપર રહે છે. ટૂંકમાં "સંસ્કારબળ $\propto$ વજનવેગમાં થયેલી વધઘટ" અથવા "(બળ × બળ લાગવાનો સમય) $\propto$ (વજન × વસ્તુના વેગનો ફેરફાર)." આ ઉપરથી બીજી વસ્તુ એ નીકળે છે કે

બળ = વજન × વસ્તુ ઉપર તે બળવડે લાગતો પ્રવેગ.

Force = Mass × Acceleration.

૩. ન્યુટનના ત્રણ નિયમો નીચે મુજબ છે.

(૧) કોઇપણ વસ્તુ આપમેળે પોતાની અવસ્થા બદલતી નથી. એને નિષ્ક્રિયતાનો સિદ્ધાંત કહેવામાં આવે છે. બહારનું બળ ન લાગે ત્યાં સુધી એકસરખી ઝડપથી સીધી લીટીમાં જતી વસ્તુ તેજ દિશામાં તેજ ગતિથી ખસતી રહે છે અને સ્થિર વસ્તુ હમેશાં સ્થિરજ રહે છે.

(૨) કોઇપણ વસ્તુને બળ લગાડવામાં આવે તો વસ્તુના વેગમાં થતો ફેરફાર બળની દિશામાં થાય છે. વસ્તુના વજનવેગમાં થતો ફેરફાર સંસ્કારબળ (બળ અને સમયના ગુણાકાર) ઉપર આધાર રાખે છે.

(૩) પ્રત્યેક બળના આઘાત અને પ્રત્યાઘાત સરખા અને પરસ્પરવિરોધી હોય છે. બંદૂકની ગોળી જેટલા આઘાતથી આગળ જાય છે તેટલોજ પ્રત્યાઘાત બંદૂકને પણ લાગે છે.

૪. એક જ દિશામાં લાગતાં બળનો સરવાળો કરવાથી અને વિરૂદ્ધ દિશામાં લાગતાં બળની બાદબાકી કરવાથી સમાસબળ મળે છે. એક બિંદુએ લાગતાં બે ત્રાંસા બળનો સમાસ સમાન્તરબાજુ ચતુષ્કોણ રચવાથી મળે છે. સમાન્તરબાજુ ચતુષ્કોણની બે બાજુ વડે બન્ને બળ દર્શાવાય તો તે બેની વચ્ચેનો કર્ણ સમાસબળ દર્શાવે છે. બે કે વધુ બળનું સમાસબળ શૂન્ય આવે તો વસ્તુ સ્થિર રહે છે.

૫. કાર્ય એટલે બળ અને બળની દિશામાં કપાયેલાં અંતરનો ગુણાકાર. એક ડાઇન જેટલું બળ એક વસ્તુને એક સેન્ટિમિટર અંતર ખસેડે તો એક અર્ગ (erg) જેટલું કાર્ય ગણાય છે. એક પાઉન્ડલ જેટલું બળ એક વસ્તુને એક ફૂટ જેટલાં અંતરે ખસેડે તો એક ફૂટ-પાઉન્ડલ જેટલું કાર્ય થયેલું ગણાય છે. અર્ગ અને ફૂટ-પાઉન્ડલ કાર્યના એકમો ગણાય છે.

૬. એક સેકન્ડમાં જેટલું કાર્ય થાય તેને કાર્યત્વરા અથવા કાર્ય કરવાની ઝડપ કહેવામાં આવે છે. એક સેકન્ડમાં એક જૂલ (૧૦^{૭} અર્ગ) જેટલું કાર્ય થાય તો તેને એક વૅટ જેટલી કાર્ય-ત્વરા ગણવામાં આવે છે. એક સેકન્ડમાં ૫૫૦ ફૂટ-પાઉન્ડ જેટલું કાર્ય થાય તો તેને એક હોર્સ-પાવર (અશ્વબળ) જેટલી કાર્યત્વરા ગણવામાં આવે છે.

૭. વસ્તુની સ્થિતિ અથવા ગતિ પરત્વે તેમાં રહેલી કાર્ય કરવાની શક્તિને કાર્યશક્તિ (energy) કહેવામાં આવે છે. સ્થિતિ પરત્વે જે શક્તિ હોય તેને અવસ્થાશક્તિ અથવા સંભાવ્યશક્તિ કહેવામાં આવે છે. ગતિને લીધે જે શક્તિ હોય છે તેને ગમન-શક્તિ કહેવામાં આવે છે. દાખલા તરીકે વિંટાળેલી કમાનમાં અવસ્થાશક્તિ છે. પહાડ ઉપર તળાવમાં રહેલાં પાણીમાં અવસ્થાશક્તિ છે. એ પાણી ગતિમય થઇને નીચે આવે ત્યારે તેમાં ગમનશક્તિ હોય છે.

૮. બે વસ્તુ અરસપરસ ગતિમાં આવે તો તે દરેકને ગતિથી ઉલટી દિશામાં ઘર્ષણબળ લાગે છે. ઘર્ષણબળનો આધાર માત્ર સપાટી ઉપર લાગતા શિરોલંબ ભાર અને સપાટીના પ્રકાર ઉપર જ રહે છે. સ્થિર વસ્તુને ગતિમાં લાવવા માટે સ્થિત ઘર્ષણ લાગે તે ચલિત ઘર્ષણ (વસ્તુને ગતિમાં રાખવાથી લાગતું ઘર્ષણ)થી વધુ હોય છે. સરતી વસ્તુને લાગતું સરતું ઘર્ષણ ગબડતી વસ્તુને લાગતાં લોલઘર્ષણથી વધુ હોય છે. આથીજ પૈડા અને ધરી વચ્ચે ગોળ ફરતા દડાને (બૉલ-બૅરીંગ) રાખી ઘર્ષણ ઓછું કરવામાં આવે છે.

પ્રકરણ ૧૧

યંત્રો

૧. યંત્ર Machine સાધારણ રીતે એવી માન્યતા હોય છે કે યંત્ર એટલે અનેક જાતની વિવિધતાવાળાં ઉચ્ચાલનો, ચક્રો અને પટાઓ વડે ચાલતું અને જે વડે અનેકગણું બળ પ્રાપ્ત થઇ શકે તેવું સાધન.

પરંતુ પદાર્થવિજ્ઞાનમાં યંત્રનો અર્થ સાધારણ રીતે નીચેની વ્યાખ્યાથી આપવામાં આવે છે:

"જે સાધન વડે એક છેડે લગાડેલું બળ બીજી કોઇ બાજુએ વત્તાઓછા પ્રમાણમાં અને ગમે તે દિશામાં મેળવી શકાય તેને યંત્ર કહેવામાં આવે છે."

ઘણુંખરું યંત્રનો ઉપયોગ બળને વધારવામાં થાય છે. ઉપલી વ્યાખ્યા પ્રમાણે એક ગરગડી (pulley), ઉચ્ચાલન, (lever), સુડી, કાતર વગેરે સર્વ સાધનોને યંત્ર કહી શકાય છે. આવી જાતના સાધનો વડે બળમાં કેટલો વધારો થઇ શકે છે તે સમજવા માટે આપણે પરિબળ (moment of force) અને કાર્યનો સિદ્ધાંત (principle of work)નો આશ્રય લેવો પડશે.

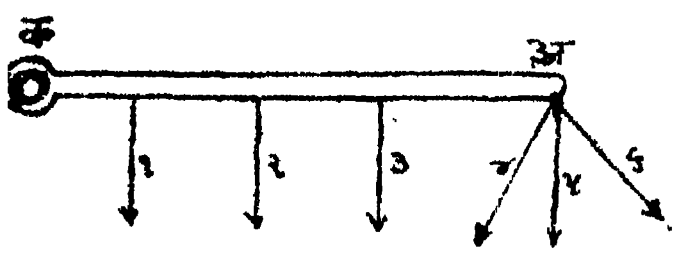
૨. પરિબળ Moment of force. પરિબળ શું છે તે પ્રથમ જોઇએ. એક બારી બંધ કરવી હોય તો તેને અનેક ઠેકાણે બળ લગાડી બંધ કરી શકાશે; પરંતુ જો પ્રયોગ કરીશું તો એમ માલૂમ પડશે કે બારીને છેડે અને બારીના છેડાને લંબ દિશામાં બળ લગાડીએ

તો તેની અસર સૌથી વિશેષ થાય છે, અને તેથી પ્રમાણમાં બળ ઘણું ઓછું જોઈએ છે.

નીચેના પ્રયોગોથી આ વસ્તુ સ્પષ્ટ થશે.

પ્રયોગ (૧):—क આગળ જડેલા સળિયા अकને ફેરવવા ૧, ૨, અને ૩ એમ ત્રણ જુદી જુદી જગ્યાએ બળ લગાડો (આકૃતિ ૯૬) તો માલૂમ પડશે કે બળ '૧' સૌથી વિશેષ છે.

આકૃતિ ૯૬.



હવે अ આગળ ૪, ૫, અને ૬ એમ ત્રણ જુદી જુદી દિશામાં બળ લગાડી સળિયાને ફેરવો તો એ ત્રણ પૈકી બળ '૫' સૌથી ઓછું આવે છે.

ઉપરના બન્ને પ્રયોગ ઉપરથી બે વસ્તુ તરી આવે છે: (૧) क બિંદુથી જેમ દૂર બળ લગાડવામાં આવે તેમ સળિયાને ફેરવવા ઓછું બળ જોઇએ છે, અને (૨) अ અને क જોડતી લીટીથી લંબ દિશામાં બળ હોય તો તે સૌથી ઓછું હોય છે અને વધુ અસરકારક છે.

(૨):—ઉપરના પ્રયોગમાં ૧, ૨, ૩ અને ૫ આગળ લગાડેલું બળ માપો. क થી દરેક બળનું લંબ દિશામાં અંતર માપો.

દરેક બળ અને क થી તેના અંતરનો ગુણાકાર કરો. બધાં પરિણામની સરખામણી કરો. બધા ગુણાકાર સરખા આવે તેની નોંધ કરો.

પ્રયોગ (૩):—એક લાકડાંની માપપટીને મધ્યમાં લટકાવી સમતોલ રાખો. લટકાવવાના બિંદુથી ડાબી બાજુએ ફુલકથી ૧૦ સેમિ. અંતરે ૩૦ ગ્રામ વજન મૂકો. હવે ૧૦, ૧૫, ૨૦, ૨૫, ૫૦ અને ૧૦૦ ગ્રામ વજન લઇ વારાફરતી પટીની જમણી બાજુએ એવી જગ્યાએ મૂકો કે જેથી પટી ફરી સમતોલ થાય.

તમારા અવલોકન નીચે પ્રમાણે નોંધો.

ડાબી બાજુનું બળ ગ્રામમાં	ડાબી બાજુના બળનું અંતર સેમિ.	ડાબી બાજુનું પરિબળ ગ્રા. સેમિ.	જમણી બાજુનું બળ ગ્રામમાં	એ બળનું અંતર સેમિ.	જમણી બાજુનું પરિબળ ગ્રા. સેમિ.
૩૦	૧૦	૩૦૦	૧૦	...	....
			૧૫	...	...
			૨૦	...	...
			૨૫	...	...
			૩૦	....	...

એક બિંદુના આધાર ઉપર ફરી શકે તેવી કોઇ વસ્તુ ઉપર બળ લગાડી તેને ફેરવવામાં પરિબળનો સિદ્ધાન્ત ધ્યાનમાં રાખવો જરૂરનો છે. આધાર બિંદુથી જેમ બને તેમ દૂર બળ લગાડવું અને જે બિંદુ આગળ બળ લગાડીએ તે બિંદુ અને આધાર બિંદુને જોડેલી લીટીની લંબ દિશામાં બળ લગાડવું. બળની અસર આધાર બિંદુથી જે દૂરતા હોય તેના ઉપર આધાર રાખે છે, એટલે બળની અસરને પરિબળ (moment of force) કહેવામાં આવે છે. અમુક બળ અમુક અંતરે લગાડવામાં આવે તો તેની કેટલી અસર થાય તેનું માપ પરિબળ બતાવે છે.

પરિબળ = બળ × જડેલા બિન્દુથી લંબ અંતર.

આ ઉપરથી સમજાય છે કે જેમ બળ લગાડવાનું અંતર વધે છે તેમ ઓછા બળથી તેટલુંજ પરિબળ મળે છે; અથવા અમુક બળને ફુલક (આધાર બિન્દુ = fulcrum) થી જેમ જેમ દૂર લગાડીએ તેમ તેમ પરિબળ વધતું જાય છે.

ઉપરના પ્રયોગ (૩) માં બન્ને બાજુનું પરિબળ ૩૦૦ ગ્રા. સેમિ. જ આવશે. જેમ વજન નાનું તેમ તેનું ફુલકથી

અંતર વધુ આવશે. એક બાજુના ૩૦ ગ્રામ વજનને ૧૦, ૧૫, ૨૦, ૨૫ અને ૩૦ ગ્રામ વજનથી પણ સમતોલ કરી શકાય છે. ૩૦ ગ્રામ વજનને ૧૦ સેમિ. અંતરે લગાડેલું હોવાથી તેનું પરિબળ ૩૦૦ ગ્રા. સેમિ. થાય છે અને તેથી ૧૦ ગ્રામ વજનને ૩૦ સેમિ. અંતરે લગાડવું પડશે જેથી તેનું પરિબળ પણ ૩૦૦ ગ્રા. સેમિ થાય.

૩. કાર્યનો સિદ્ધાન્ત Principle of work કેટલાંક યંત્રોમાં કાર્યના સિદ્ધાન્ત વડે બળ કેટલાગણું થઈ શકે તે કાઢવું સહેલું થઇ પડે છે. કાર્યનો સિદ્ધાન્ત આગળ દર્શાવી ગયા છીએ. એ સિદ્ધાન્ત પ્રમાણે એક યંત્ર ઉપર જેટલું કાર્ય કરવામાં આવે તેટલું જ કાર્ય યંત્ર આપણને આપી શકે છે. કાર્ય એટલે 'બળ × અંતર' હોવાથી કોઇ યંત્રથી નાના બળને અનેકગણું કરવામાં આવે તો આપણે તે નાના બળને લાંબા અંતર સુધી લગાડવું પડે છે. આ વસ્તુ એક દાખલાથી બરાબર સમજાશે. ધારો કે એક યંત્રદ્વારા એક નાના બળ $ब_1$ ને $अ_1$ અંતર ખસેડવાથી આપણે એક મોટા બળ $ब_2$ ને $अ_2$ અંતર સુધી ખસેડી શકીએ તો

યંત્રમાં કરેલું કાર્ય = લગાડેલું બળ × અંતર

$$= ब_1 \times अ_1$$

યંત્રે આપેલું કાર્ય = ઉત્પાદન થયેલું બળ × અંતર

$$= ब_2 \times अ_2$$

અને કાર્યના સિદ્ધાન્તથી બન્ને કાર્યો સરખાં હોય છે.

એટલે $ब_1 \times अ_1 = ब_2 \times अ_2$

હવે $ब_1 > ब_2$, એટલે $अ_2 < अ_1$ આનો અર્થ એ થાય છે કે નાના બળને વધુ અંતર સુધી લગાડવાથી મોટું બળ

થોડા અંતર સુધી ખસે છે. આમ "બળમાં ફાયદો થાય છે ત્યારે અંતરમાં ગેરફાયદો થાય છે." (What is gained in force is lost in distance) જુદાં જુદાં યંત્રથી થતા ફાયદા તપાસીશું ત્યારે આ નિયમ બરાબર ધ્યાનમાં આવશે. કાર્યના સિદ્ધાન્તમાં એક વસ્તુ એ ધ્યાનમાં રાખવાની છે કે હમેશાં થોડું કાર્ય ઘર્ષણના અવરોધથી નકામું જાય છે, એટલે કોઇ પણ યંત્રથી પ્રાપ્ત થયેલું કાર્ય અર્પેલા કાર્યથી ઓછું જ થાય છે. માત્ર આદર્શ (ideal) ઘર્ષણ વિનાનું યંત્ર હોય તેમાં જ કાર્યનો સિદ્ધાન્ત ખરો ઠરે છે; પરંતુ જેમ જેમ ઘર્ષણબળ ઓછું કરતા જઇએ તેમ આ બન્નેનો તફાવત ઓછો થતો જાય છે. એટલે એક યંત્રની કાર્યસાધકતા (efficiency) કેટલી છે તે પણ જાણવું ઘટે છે. જે યંત્રમાં ઘર્ષણબળ ઓછું હોય તેની કાર્યસાધકતા વધુ હોય છે.

$$\text{કાર્યસાધકતા (efficiency)} = \frac{\text{ઉત્પાદન કાર્ય}}{\text{અર્પેલું કાર્ય}}$$

એ સિવાય યંત્ર વડે બળ કેટલું વધે છે તે પણ જાણવું જરૂરનું છે. યંત્રદ્વારા મળતું બળ અને યંત્રમાં લગાડવામાં આવેલું બળ એ એના ગુણોત્તર (ratio) ઉપરથી યાંત્રિક ફાયદો માલૂમ પડે છે. યંત્રનો ખાસ ફાયદો એ જ છે કે નાના બળ વડે મોટું બળ પ્રાપ્ત કરી શકાય છે.

$$\text{યાંત્રિક ફાયદો (mechanical advantage)} = \frac{\text{પ્રાપ્ત થયેલું બળ}}{\text{લગાડવામાં આવેલું બળ}} = \frac{\text{પ}}{\text{લ}}$$

૪. ઉચ્ચાલન, Lever

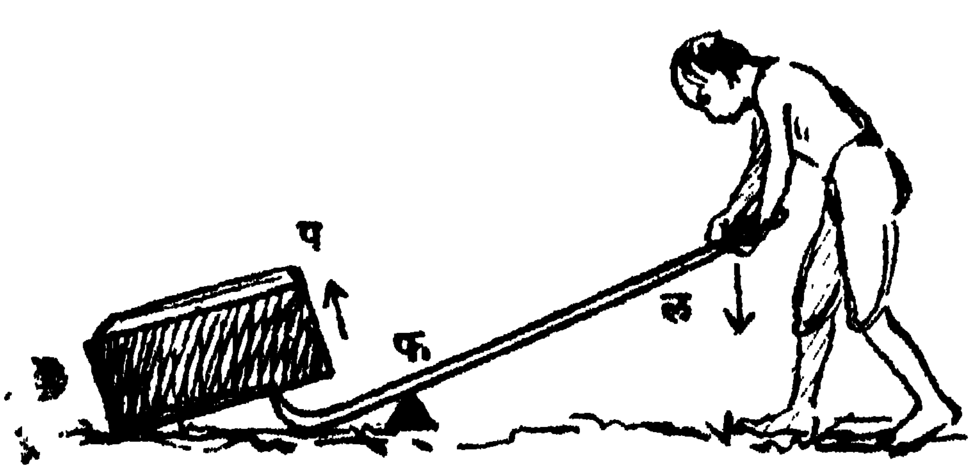
પ્રયોગઃ—એક લાકડાંની પટી લઇ તેને મધ્યમાંથી લટકાવી સમતોલ કરો. હવે એક બાજુ બળ લ લટકાવો અને તેને સમતોલ કરવા

બીજી બાજુ प બળ લગાડો. ફૂલક (આધાર બિંદુ) થી ल અને प નું અંતર માપો. ધારો કે ल નું અંતર $अ_1$ છે અને प નું અંતર $अ_2$ છે એજ પ્રમાણે प અને ल ને જુદે જુદે અંતરે લટકાવી ફરીથી સમતોલ કરો. તમારાં અવલોકન નીચે પ્રમાણે નોંધો.

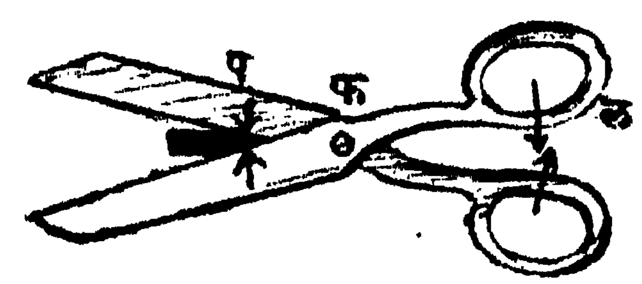
ल	प	$अ_1$	$अ_2$	लनुं પરિબળ $= ल \times अ_1$	पनुं પરિબળ $= प \times अ_2$

ઉપરના પ્રયોગો વડે માલૂમ પડે છે કે ल બળને લગાડવાથી प બળ પ્રાપ્ત થાય છે, અને लनुं અને पनुं પરિબળ સરખું થાય છે. प બળને ફૂલકથી નજીક રાખીને ल ને જેમ દૂર લઇ જવામાં આવે તેમ તે બળ ઓછું જોઇએ છે. આ જાતના સાદાં યંત્રની મદદથી નાના બળ વડે મોટું બળ ઊંચકી શકાય છે અને તેને ઉચ્ચાલન કહેવામાં આવે છે. એ યંત્રથી થતો યાંત્રિક ફાયદો પાછળ બતાવ્યો છે.

આકૃતિ ૯૭ (૧).

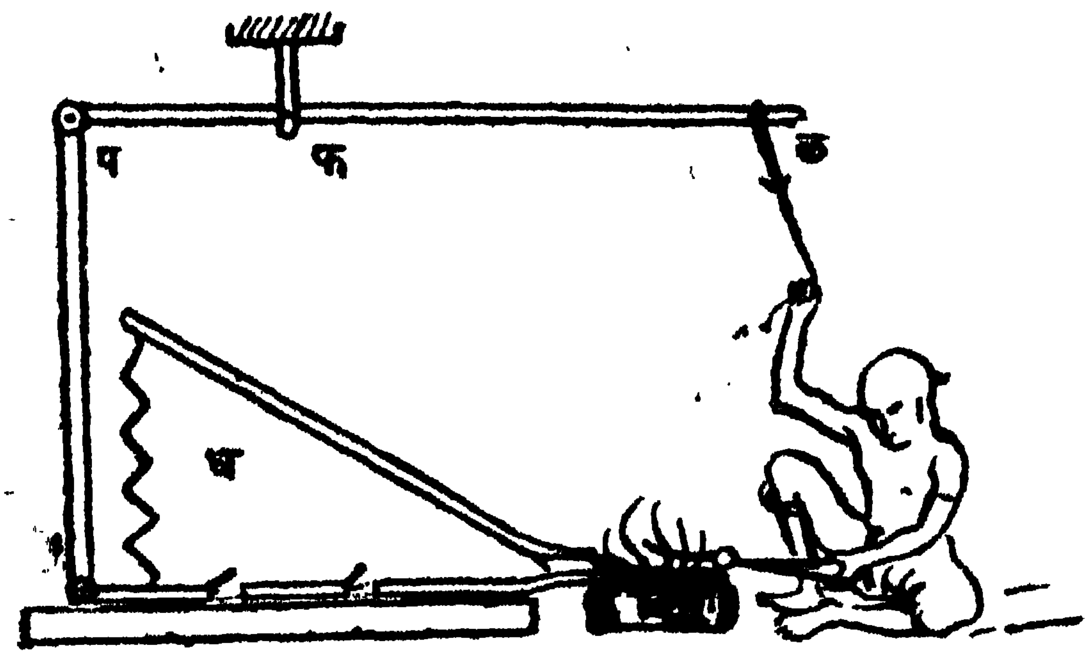


આકૃતિ ૯૭ (૨).



ઉપરના સર્વ ચિત્રો જુદી જુદી જાતનાં ઉચ્ચાલનયંત્ર બતાવે છે. દરેક યંત્રમાં फ ફૂલક (fulcrum) બતાવે છે, ल લગાડેલું બળ બતાવે છે અને प પ્રાપ્ત થએલું બળ બતાવે

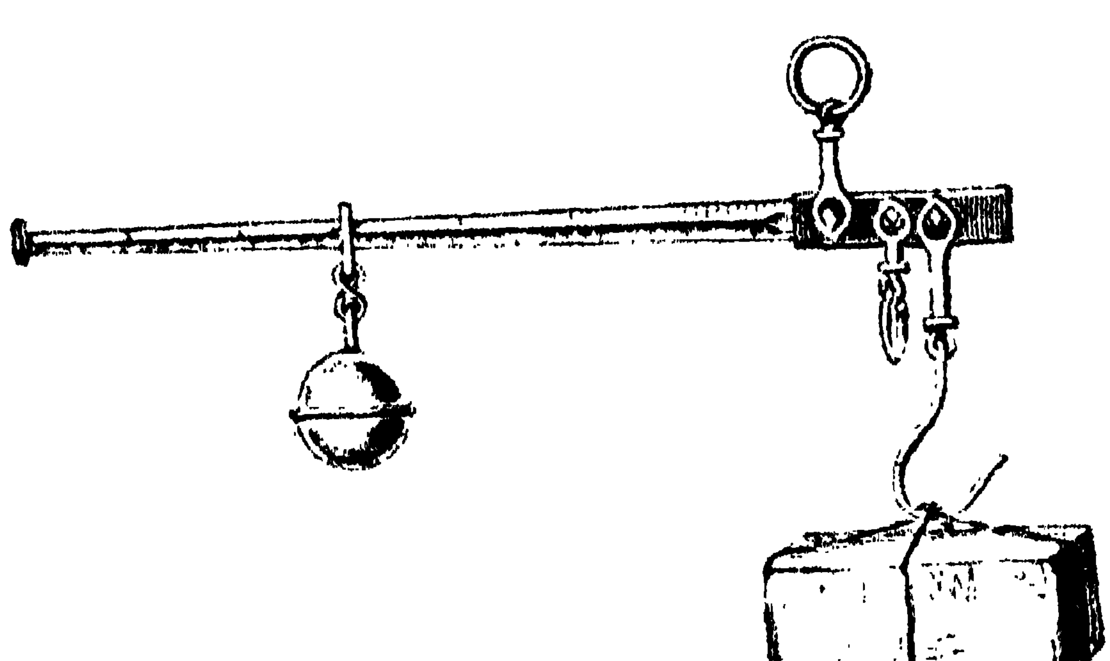
આકૃતિ ૯૭ (૨).



છે. એ દરેક ચિત્રમાં લ લગાડેલું બળ હમેશાં પ પ્રાપ્ત થયેલાં બળ કરતાં વિશેષ હોય છે એટલે નાના બળને મોટું કરી શકાય છે.

આકૃતિ (૯૭'૧')માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક લાકડી વાપરવાથી નાના બળ વડે ઘણું મોટું વજન ખસેડી શકાય છે. આકૃતિ (૯૭'૨') માં બતાવેલી હાથાવાળી કાતર વાપરવાથી ધાતુનાં સખત પતરાં પણ થોડા બળ વડે કાપી શકાશે. આકૃતિ (૯૩'૭') માં લુહારની ધમણ બતાવી છે. એક લાંબી

આકૃતિ ૯૮.

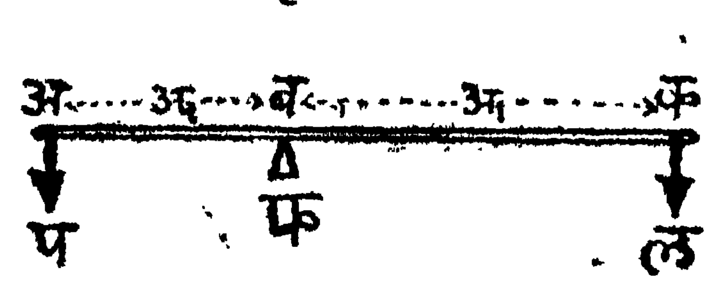


દાંડીને ટૂંકે છેડે ધમણનેા પડદેા બાંધી, લાંબે છેડે બળ લગાડ-વાથી બળને અનેકગણું કરી શકાય છે.

આકૃતિ (૯૮)માં એક તેાલકાંટેા બતાવ્યેા છે. એમાં જે ભારે વસ્તુનું વજન કરવું હાેય તેને ટૂંકી દાંડીને છેડે લટકાવવામાં આવે છે. અને એક નાના વજનને લાંબે છેડે લટકાવવાથી એ મેાટાં વજનને સમતેાલે છે. દાંડી ઉપર તેાલનાં માપ પ્રમાણસર લખી દેવાથી ગમે તે વસ્તુનું વજન એક જ તેાલ વડે કાઢી શકાય છે.

ઉચ્ચાલનયંત્ર વડે યાંત્રિક ફાયદેા કેટલેા થાય છે તે પ્રાપ્ત થયેલા બળ પ ના લગાડેલું બળ લ ના ગુણેાત્તરથી જણાય છે. આકૃતિ (૯૯)માં ધારેા કે લ અને પ એક બીજાને સમતેાલે છે. પરિબળના સિદ્ધાન્તનેા આ યંત્રમાં ઉપયેાગ કરીએ તેા માલૂમ પડશે કે લનું પરિબળ અને પનું પરિબળ (moment of force) સરખું જ હેાવું જોઈએ.

આકૃતિ ૯૯.



લ નું પરિબળ = લ $\times$ અંતર = લ $\times$ $અ_1$

પ નું પરિબળ = પ $\times$ અંતર = પ $\times$ $અ_2$

એટલે પ $\times$ $અ_2$ = લ $\times$ $અ_1$, એટલે $\frac{પ}{લ} = \frac{અ_1}{અ_2}$

$$\text{યાંત્રિક ફાયદેા} = \frac{\text{પ્રાપ્ત થયલું બળ (પ)}}{\text{લગાડેલું બળ (લ)}} = \frac{અ_1}{અ_2}$$

આકૃતિ (૯૭)માં જોઇશું તેા માલૂમ પડશે કે ધમણને *થેાડી દબાવવાથી આપણને લ ને પ કરતાં ઘણું લાંબુ અંતર*

ખસેડવું પડે છે. આ ઉપરથી આપણે સ્પષ્ટ જોઈ શકીએ છીએ કે બળ વધારવામાં આવે તો નાના બળને વધારે લાંબે અંતર સુધી ખસેડવું પડે છે.

૫ ઉચ્ચાલનના ત્રણ પ્રકાર

ઉપર દર્શાવેલા સર્વ ઉચ્ચાલનો પહેલા પ્રકારનાં ઉચ્ચાલન કહેવાય છે. ફૂલક, લગાડેલું બળ અને પ્રાપ્ત થયેલા બળના સ્થાન ઉપર આધાર રાખી ઉચ્ચાલનોને ત્રણ વિભાગમાં વહેંચી નાંખવામાં આવ્યાં છે.

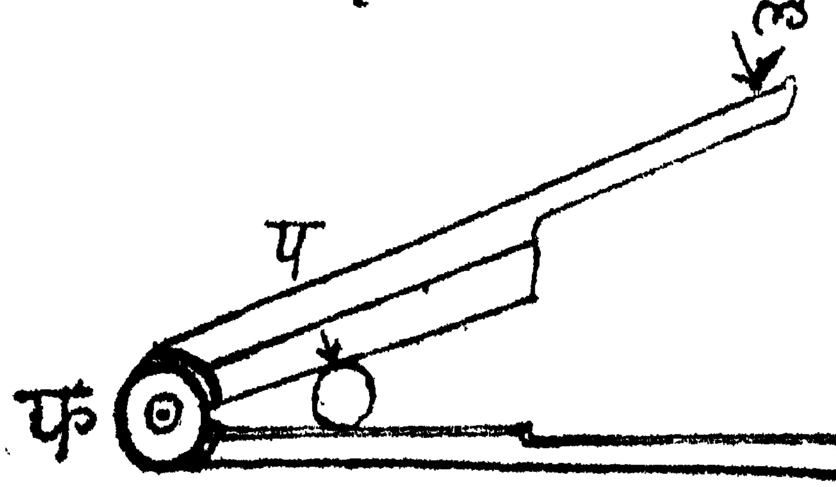
(૧) પહેલા પ્રકારનું ઉચ્ચાલન

એ ઉચ્ચાલનમાં ફૂલક વચ્ચે હોય છે અને લગાડેલું બળ ફૂલકની એક બાજુ હોય છે અને પ્રાપ્ત થયેલું બળ ફૂલકની બીજી બાજુ હોય છે. એમાં યાંત્રિક ફાયદો વધુ કે ઓછો પણ હોય છે, અને તેનો આધાર લગાડેલાં અને પ્રાપ્ત થયેલાં બળના બિંદુથી ફૂલકના અંતર ઉપર રહે છે. કાતર, ધમણ કે તોલકાંટો એ સર્વ આ જાતના ઉચ્ચાલનોના પ્રકાર છે.

(૨) બીજા પ્રકારનું ઉચ્ચાલન

આકૃતિ (૧૦૦)માં બતાવેલી સોપારી ભાંગવાની સુડી એ બીજા પ્રકારનું ઉચ્ચાલન છે. એમાં ફૂલક ફ એક નાકે હોય છે, તેના ઉપર પ્રાપ્ત થતું બળ પ લગાડી સોપારી ભાંગવામાં આવે એ વચ્ચે હોય છે, અને દૂર છેડે હાથ વડે બળ લ લગાડવામાં આવે છે. આ ઉચ્ચાલનમાં પણ લગાડેલું બળ

આકૃતિ ૧૦૦

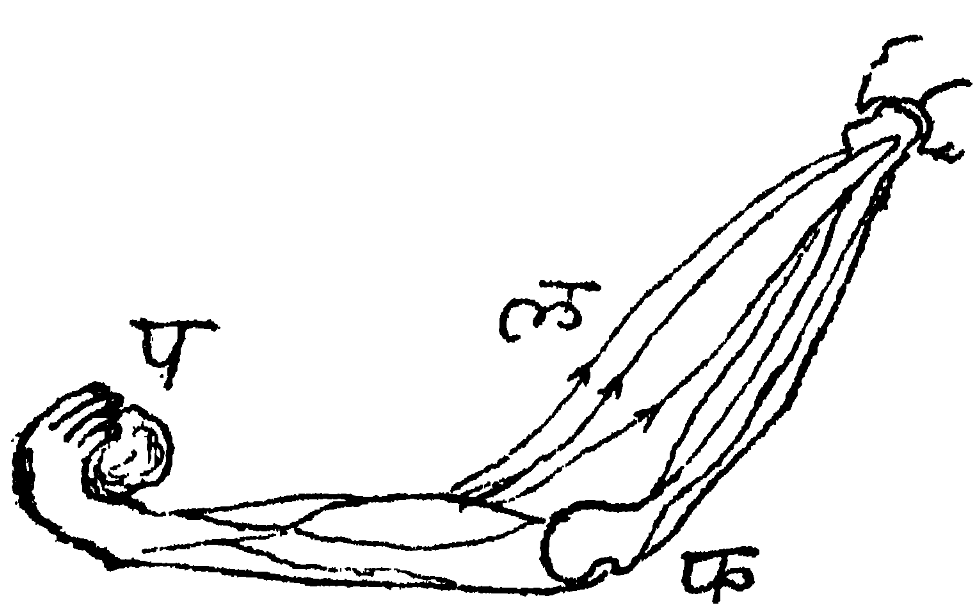


ફૂલકથી દૂર હોવાથી પ્રાપ્ત થતું બળ હંમેશાં વિશેષ હોય છે અને યાંત્રિક ફાયદો વધુ હોય છે.

(૩) ત્રીજા પ્રકારનું ઉચ્ચાલન

આકૃતિ (૧૦૧) માં માણુસનો હાથ બતાવેલો છે. હથેલી ઉપર વજન प મૂકેલું છે. કોણી આગળ ફૂલક (fulcrum) હોય છે; કારણ કે હાથ કોણી આગળથી વળે છે. કોણીથી સહેજ દૂર ખભાને અને હાથને જોડતી નસો લ આવેલી છે. એ નસોને થોડી ખેંચતાં હથેલીને ઘણે લાંબા અંતર સુધી ખેંચી શકાય છે. એટલે લગાડેલું બળ લ, ફૂલક फ અને પ્રાપ્ત થયેલાં બળ प ની વચ્ચે લાગુ પડે છે. દેવતાના અંગાર ઊંચકવાનો ચીપિયો પણ આ પ્રકારનું ઉચ્ચાલન છે. એ ઉચ્ચાલનમાં પણ બીજા પ્રકારની પેઠે ફૂલક એક નાકે હોય છે, પરંતુ પ્રાપ્ત થતું બળ બીજે નાકે હોય છે એટલે બળમાં ફાયદો ન થતાં યાંત્રિક ગેરફાયદો થાય છે. આથી નાનું બળ પ્રાપ્ત કરવા માટે મોટું બળ લગાડવું પડે છે. આ ઉચ્ચાલનથી લગાડેલાં બળને થોડા અંતર ખસેડવાથી પ્રાપ્ત થતાં બળને લાંબે અંતર સુધી ખસેડી શકાય તેટલો ફાયદો થાય છે.

આકૃતિ ૧૦૧

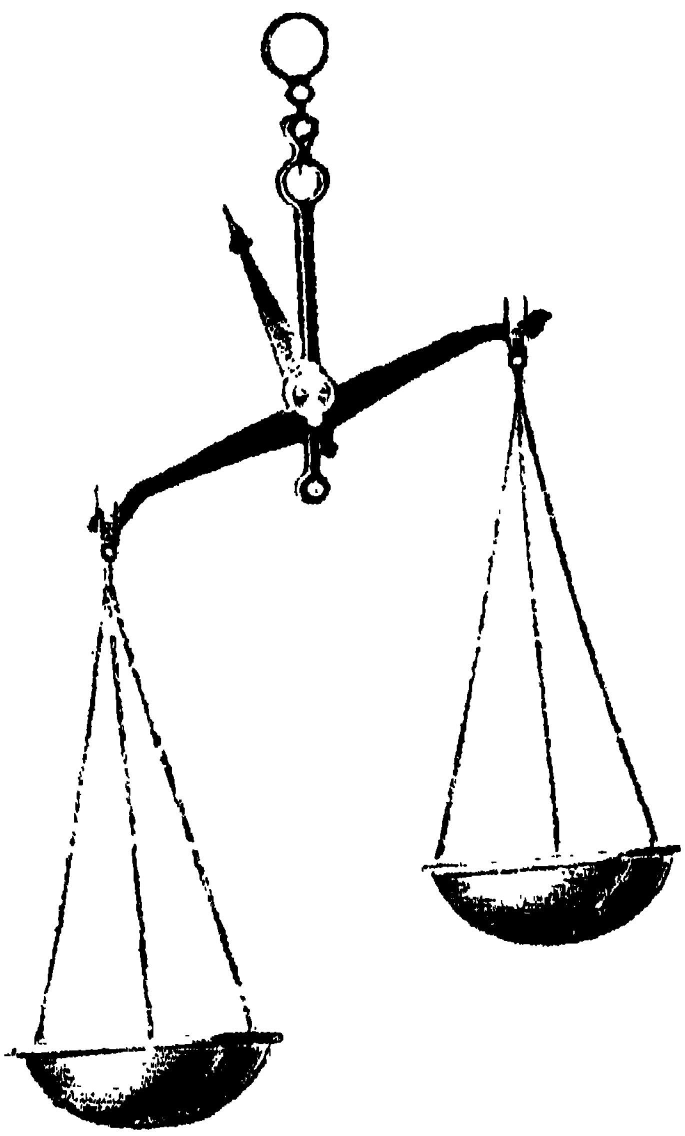


૬. ત્રાજવું, Balance

સાધારણ ઉપયોગમાં વપરાતાં દાંડીવાળા ત્રાજવાંમાં પણ ઉપર દર્શાવેલા નિયમનો ઉપયોગ કરવામાં આવેલો છે. એક દાંડી લઇને તેને

વચ્ચે ફુલક (fulcrum) આગળ બાંધી બન્ને બાજુ સરખે અંતરે બે સરખાં વજન રાખીએ તો દાંડી સમતોલ રહે છે; કારણ કે બન્ને વજન સરખાં છે અને બન્નેનાં અંતર પણ

આકૃતિ ૧૦૨



ફુલકથી સરખાં છે. આથી બન્ને વજનનું પરિબળ (moment of force) સરખું જ છે. કોઇપણ આપેલી વસ્તુનું વજન કરવું હોય તેને એક બાજુ મૂકી, બીજી બાજુએ જાણેલાં વજન મૂકી દાંડીને સમતોલ કરવામાં આવે છે. આમ કરવાથી બન્ને બાજુનું પરિબળ સરખું આવે છે. વૈજ્ઞાનિક માપોની અંદર આવું સાધારણ ત્રાજવું (આકૃતિ ૧૦૨) કામ ન આવી શકે; કારણ કે ઘણીવાર બહુ સુક્ષ્મ વજન કાઢવાનાં હોય છે, એટલે તિવ્ર (sensitive) ત્રાજવું ઉપયોગમાં લેવું પડે છે. એવાં ત્રાજવાંની રચના આકૃતિ (૧૯)માં બતાવવામાં આવી છે.

૭ ગરગડી Pulley

પ્રયોગ (૧) : આકૃતિ (૧૦૩ 'ર') માં દર્શાવ્યા પ્રમાણે એક ગરગડી ગ લો. તેની એક બાજુ પ વજન લટકાવો. બીજી બાજુ એક કમાનકાંટાને બાંધી પ ને તે વડે ઊંચે ખેંચો. કમાનકાંટા ઉપર કેટલું બળ (ल) લગાડયું તેની આંકપટી ઉપરથી નોંધો. ल ને अ અંતર નીચે ખેંચીએ તો પ કેટલું અંતર ઊંચે ચઢે છે તે નોંધો. જુદાં જુદાં વજન પ આગળ લગાડી ઉપરનો પ્રયોગ ફરીથી કરો. તમારા અવલોકન નીચે પ્રમાણે નોંધો.

લ	પ	$અ_1$	$અ_2$	$લ \times અ_1$	$પ \times અ_2$	યાંત્રિક ફાયદો પ/લ	$અ_1/અ_2$	કાર્યસાધકતા $=\frac{પ \times અ_2}{લ \times અ_1}$

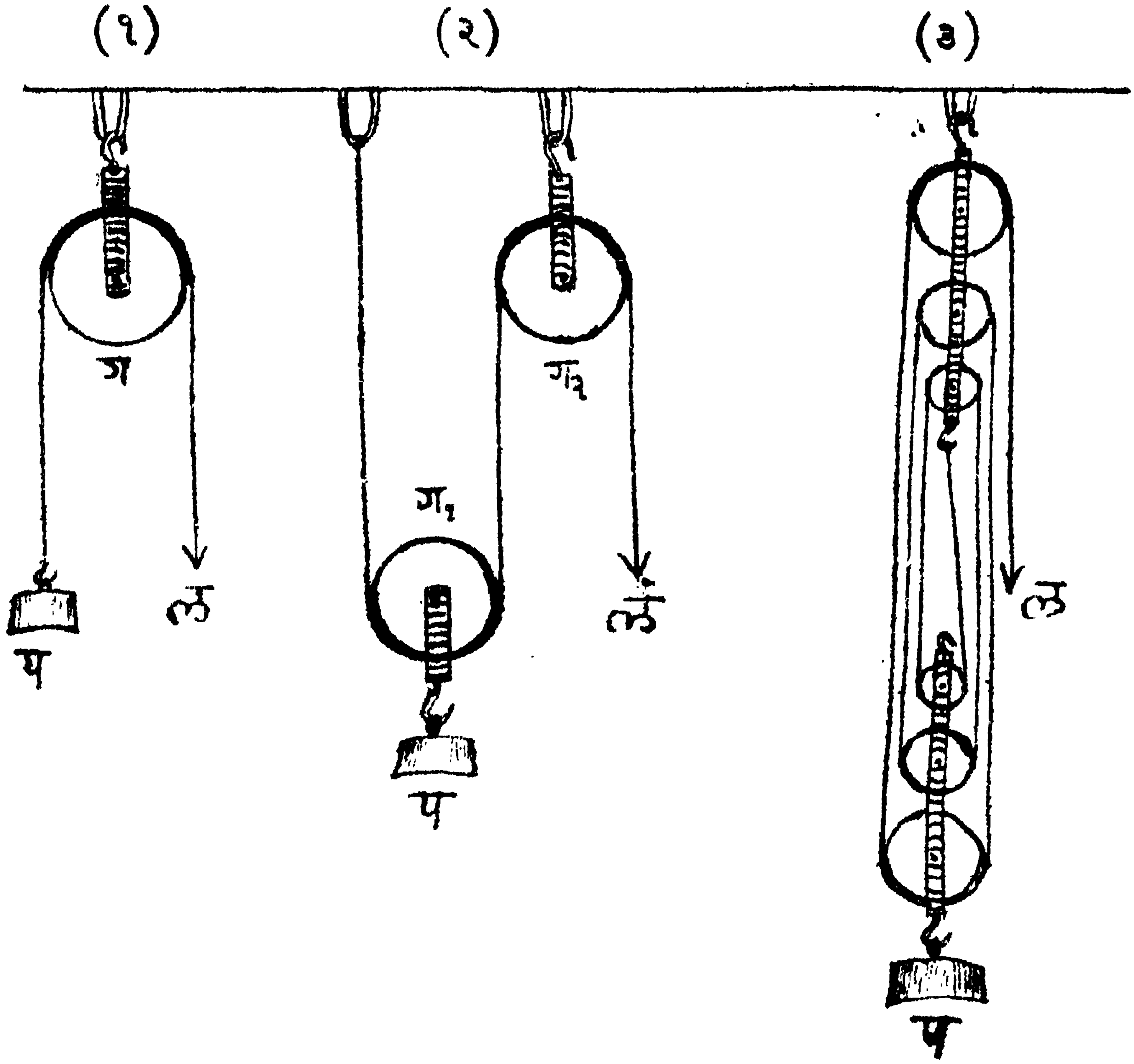
(૨) આકૃતિ (૧૦૩ '૨') માં બતાવ્યા મુજબ એક છૂટી ગરગડી $ગ_1$ લો અને તેની ફરતે દોરી પસાર કરી તેને એક જડેલી ગરગડી $ગ_2$ ની ફરતેથી પસાર કરો. $ગ_1$ ના આંકડામાં પ વજન લટકાવો અને $ગ_2$ થી ફરતેથી પસાર થતી દોરીના છેડે એક કમાનકાંટો બાંધી તે વડે પ ને ઊંચે ખેંચો. કમાનકાંટાનો આંકડો વાંચી કેટલું બળ (લ) લગાડવું પડે છે તે નોંધો. લ ને ($અ_1$) અંતર નીચે ખેંચીએ ત્યારે પ જેટલું અંતર ($અ_2$) ઊંચે જાય છે તે નોંધો. અવલોકન ઉપર દર્શાવ્યા પ્રમાણે નોંધો. પ આગળ જુદાં જુદાં વજન લટકાવી ઉપરનો પ્રયોગ ફરીથી કરો.

(૩) ઉપરનો પ્રયોગ ફરીથી આકૃતિ (૧૦૩ '૨')માં બતાવ્યા મુજબની ત્રણ છૂટી અને ત્રણ જડેલી ગરગડી લઇ કરો અને અવલોકન ઉપર પ્રમાણે નોંધો.

એક ગોળ ચક્ર લઈ એની ફરતેની કિનારની વચ્ચે એક વેળ (groove) પાડી મધ્યમાં પસાર થતી એક ધરીમાંથી લટકાવવામાં આવે તો એ સાધનનો એક ગરગડી તરીકે ઉપયોગ કરી શકાશે.

પ્રયોગ (૧)માં એક છૂટી ગરગડી (single fixed pulley) લેવામાં આવી છે. એમાં લ બળ લગાડવાથી પ બળ ઊંચકી

આકૃતિ ૧૦૩



શકાય છે. જો ल ને અમુક અંતર अ ખેંચીએ તો प પણ તેટલુંજ અંતર अ ઊંચે ચઢે છે.

એટલે ल થી થયેલું કાર્ય = ल × अ

અને प થી ,, ,, = प × अ

હવે યંત્રના નિયમ મુજબ

યંત્ર ઉપર કરેલું કાર્ય = યંત્ર વડે પ્રાપ્ત થયેલું કાર્ય

એટલે ल × अ = प × अ; અથવા ल = प

અને યાંત્રિક ફાયદો = $\frac{\text{પ્રાપ્ત થયેલું બળ}}{\text{લગાડેલું બળ}} = \frac{प}{ल}$

પ્રયોગ (૧) ના છેલ્લા ખાનામાંથી આ વસ્તુ સ્પષ્ટ થાય છે.

આ ઉપરથી એમ લાગે છે કે જેટલું બળ લગાડવામાં આવે, તેટલું જ બળ આ ગરગડી વડે ઊંચકી શકાય છે અને યાંત્રિક ફાયદો '૧' જ મળે છે. આમ છતાં આ ગરગડીને યંત્ર કહેવામાં આવે છે; કારણ કે એક છેડે અને અમુક દિશામાં બળ લગાડવામાં આવે છે તે બળ બીજે છેડે અને બીજી દિશામાં મળે છે.

પ્રયોગ (૨) માં એક છૂટી ગરગડી લેવામાં આવી છે. એમાં એક છેડે દોરી જડેલી છે અને બીજો છેડો એક છૂટી ગરગડીની ફરતે થઇને એક સ્થિર ગરગડીની ફરતે ફરે છે. એ છેડે બળ ल લગાડવામાં આવે છે અને ઊંચકવાનું (પ્રાપ્ત થતું) બળ છૂટી ગરગડી प ની સાથે લટકાવવામાં આવે છે. હવે ल ને જો '૨ × अ' અંતર નીચે ઉતારીએ તો प માત્ર 'अ' અંતર ઊંચે ચઢે છે. કાર્યના સિદ્ધાંત પ્રમાણે

$$\text{કરેલું કાર્ય} = (\text{ल}) \times (\text{૨ अ})$$

$$\text{પ્રાપ્ત થયેલું કાર્ય} = \text{प} \times \text{अ}$$

એટલે $$\text{प} \times \text{अ} = \text{ल} \times (\text{૨ अ})$$

અથવા $\text{प} = \text{૨ ल}$ અને યાંત્રિક ફાયદો $\left(\frac{\text{प}}{\text{ल}}\right) = \text{૨}$

આ બાબત ઉપરના પ્રયોગની નોંધ વડે સ્પષ્ટ થશે.

આ ગરગડી વડે લગાડેલું બળ બમણું થાય છે એટલે યાંત્રિક ફાયદો '૨' મળે છે.

એ જ પ્રમાણે પ્રયોગ (૩) માં ત્રણ છૂટી અને ત્રણ સ્થિર ગરગડીઓ છે. દોરીનો એક છેડો સ્થિર ગરગડીએ બાંધી વારા ફરતી છ યે ગરગડીની ફરતે ફેરવી વાળી બીજે છેડે બળ ल લગાડેલું છે અને ઊંચકવાનું બળ प છૂટી ગરગડીએ લટકાવ્યું

છે. હવે ल ને '૬×अ' જેટલું અંતર ખેંચીએ ત્યારે प માત્ર 'अ' અંતર ઊંચે ચઢે છે. એટલે કાર્યના સિદ્ધાંત પ્રમાણે

કરેલું કાર્ય = પ્રાપ્ત થયેલું કાર્ય

$$ल \times (६ \times अ) = प \times अ$$

એટલે $$प = ६\ ल$$

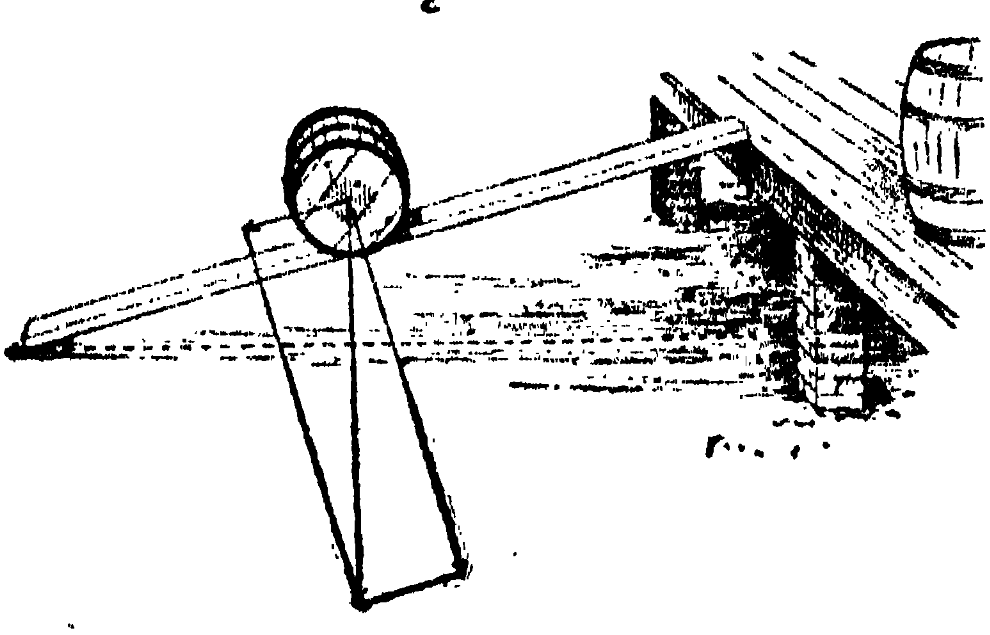
અને યાંત્રિક ફાયદો $\frac{प}{ल} = ६$ છે. પ્રયોગમાંથી પણ એ વસ્તુ સ્પષ્ટ થાય છે. આવી રચનાથી બળ છગણું કરી શકાય છે. આવી ગરગડીનો ઉપયોગ ઈમારતી કામકાજમાં, ઊંટડા વડે ભારે વજન ઊંચકવામાં વગેરે કાર્યમાં થાય છે.

એ જ પ્રમાણે જેમ છટી ગરગડીની સંખ્યા જેમ વધારતા જઈએ તેમ યાંત્રિક ફાયદો પણ વધતો જાય છે. પરંતુ સાથે એટલું પણ માલૂમ પડે છે કે જેમ યાંત્રિક ફાયદો વધે છે તેમ લગાડેલાં બળને લાંબો વખત ખેંચવું પડે છે. એટલે બળમાં જેટલો ફાયદો થાય તેટલો અંતરમાં ગેરફાયદો થાય છે.

૮ ઢાળ
Inclined plane

ઊંચા પર્વત ઉપર ચઢતી વખતે એકદમ સીધા (steep) ઢાળ ઉપર ચઢવાથી થાક લાગે છે, પરંતુ જો એ જ રસ્તો વળાંકવાળો અને ઓછા ઢાળવાળો હોય તો થાક ઓછો લાગે છે. એ જ પ્રમાણે આકૃતિ (૧૦૪)માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક પીપને દુકાનના ઊંચા ઓટલા ઉપર સીધું

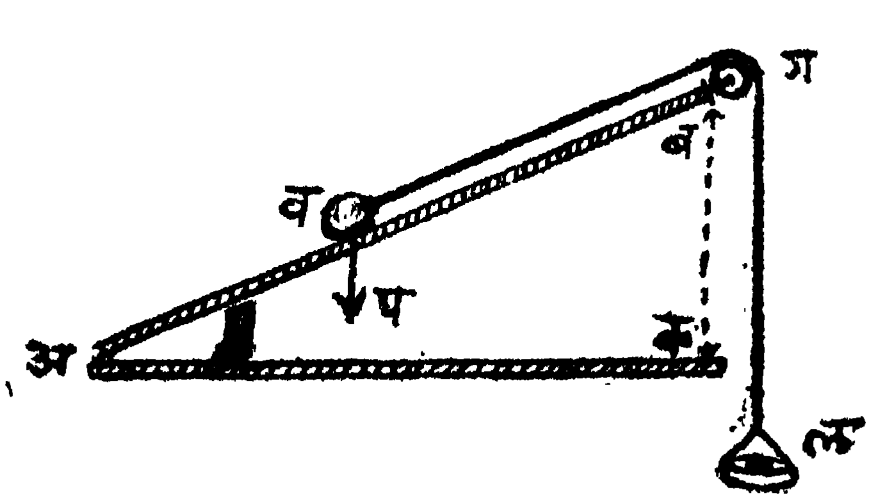
આકૃતિ ૧૦૪



ઊંચકીને ચઢાવવામાં મુશીબત પડે છે, પરંતુ એકાદ લાંબા પાટિયાંને આકૃતિ (૧૦૪) માં બતાવ્યા મુજબ મૂકી તેના ઉપર પીપને ગબડાવી ઊંચે ચઢાવવું સહેલું પડે છે. જેમ ઢાળ લાંબો તેમ બળ ઓછું લગાડવું પડે છે. આકૃતિ (૧૦૪) માં પીપના મધ્યમાંથી ત્રણ તીરવાળી લીટી દોરેલી છે. તેમાં મધ્યની લીટી પીપનો કુલ ભાર સૂચવે છે, ઉપરની પાટિયાંની સમાન્તર લીટી પીપને ઊંચે ચઢાવવાનું બળ દર્શાવે છે, અને જમણી બાજુની લીટી પાટિયાં ઉપર લાગતો ભાર દર્શાવે છે. એ ઉપરથી સમજાય થાય છે કે પીપના ભાર કરતાં ઘણું ઓછું બળ પીપને ઊંચે ચઢાવવા માટે જોઇએ છે.

પ્રયોગ:—આકૃતિ (૧૦૫) માં બતાવ્યા મુજબ એક ઢાળ લો. તેના ઉપર એક ગબડી શકે તેવો ગોળો (roller) व મૂકો. ધારો કે

આકૃતિ ૧૦૫



તેનો ભાર प છે. તેને દોરી બાંધી ગરગડી ग ઉપરથી પસાર કરી દોરીને બીજે છેડે પલ્લું લટકાવો. ઢાળ ઉપરના વજન व ને ઊંચે ખેંચવા પલ્લામાં વજન વધારતા જાઓ. જ્યારે વજન व ઊંચે ચઢવા માંડે ત્યારે પલ્લામાં કેટલું વજન મૂકવું પડ્યું છે તેની નોંધ કરો. ઢાળની લંબાઇ अब (= अ$_{1}$) અને ઢાળની ઊંચાઇનું बक (= अ$_{2}$) માપ લો.

ઢાળનો ખૂણો મોટો કરી ફરીથી બેત્રણ વાર ઉપરનો પ્રયોગ કરી અવલોકન નીચે પ્રમાણે નોંધો.

प	ल	$अ_1$	$अ_2$	$अ_1/अ_2$	$ल \times अ_1$	$प \times अ_2$	યાંત્રિક ફાયદો $प/ल$

ઉપરના પ્રયોગ ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે ભારે વજન प ને ઓછા વજન ल વડે ખેંચી શકાય છે. જેમ ઢાળની ઊંચાઇ बक ઓછી (એટલે કે वअक ખૂણો જેમ નાનો) તેમ બળ ઓછું જોઇએ છે. ल વજન $अ_1$ અંતર ખસે છે એટલે

$$ल \text{ વડે થયેલું કાર્ય} = ल \times अ_1$$

અને प ભાર अक સપાટીથી व જેટલે એટલે કે बक ($= अ_2$) ઊંચાઇએ જાય છે, એટલે

$$प \text{ વડે થયેલું કાર્ય} = प \times अ_2$$

પ્રયોગ ઉપરથી સમજાય છે કે $ल \times अ_1 = प \times अ_2$

એટલે $\frac{प}{ल} = \frac{अ_1}{अ_2}$ = યાંત્રિક ફાયદો

ઢાળની સપાટી ઉપર પણ ઘર્ષણ લાગતું હોવાથી સામાન્ય રીતે યાંત્રિક ફાયદો ($प/ल$) હમેશાં ($अ_1/अ_2$) થી ઓછો જ આવે છે.

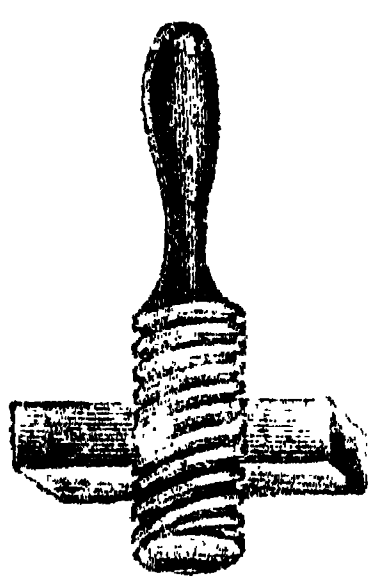
આ ઉપરથી લાગે છે કે ઢાળથી પ્રાપ્ત થતાં બળમાં ઢાળની લંબાઇ અને ઊંચાઇના ગુણોત્તર (ratio) જેટલા

પ્રમાણમાં વધારો થાય છે. ફાચર, ચપ્પુ વગેરેનું કાર્ય પણ ઢાળના સિદ્ધાન્ત ઉપર આધાર રાખે છે.

૯. સ્ક્રૂ, Screw

સ્ક્રૂ વડે પણ બળનો વધારો કરી શકાય છે. સ્ક્રૂની રચના જાણીતી છે (આકૃતિ ૧૦૬). એક સીધા સળિયા ઉપર એક બાજુ ત્રાંસો વેળ અથવા કોતરેલી ધાર (groove) શરૂ કરી ચક્રાકાર ફેરવી બીજે છેડે સુધી લઇ જવાથી સ્ક્રૂ તૈયાર થાય છે. એ સ્ક્રૂને માટે બંધ બેસતો પેચ (nut) પણ એવીજ રીતે તૈયાર કરવામાં આવે છે. પેચના વેળનું અને સ્ક્રૂના વેળનું અંતર એક સરખું જ હોવાથી સ્ક્રૂ પેચની અંદર ફરે છે.

આકૃતિ ૧૦૬



જૅક સ્ક્રૂ નાના બળ વડે મોટાં વજન ઊંચકવામાં કામ આવે છે (આકૃતિ ૧૦૭). એ સ્ક્રૂને માથે લગાડવામાં આવેલા હાથાને લ બળ લગાડવામાં આવે છે. એ બળ સ્ક્રૂના મથાળા ઉપર રાખેલા વજનને પ બળથી ઊંચું કરે છે. સ્ક્રૂના હાથાને એક પૂર્ણ વર્તુલમાં ફેરવીએ તો આખું સ્ક્રૂ એક વેળ જેટલું ઊંચે ચઢે છે. ધારો કે હાથાની લંબાઇ ર છે અને સ્ક્રૂના વેળનો ગાળો (ઊંચાઇ = pitch) ટ છે. લ બળ હાથાના છેડાના ગોળ ફરવાથી થતાં વર્તુલ જેટલું અંતર ખસે છે જ્યારે સ્ક્રૂના માથા ઉપરથી ઊંચકાતું પ બળ ટ જેટલું અંતર ઊંચે ચઢે છે.

આકૃતિ ૧૦૭



જૅક સ્ક્રૂ

આથી કરેલું કાર્ય = લ × હાથા વડે થયેલાં વર્તુલની લંબાઇ

= લ × (૨ π હ)

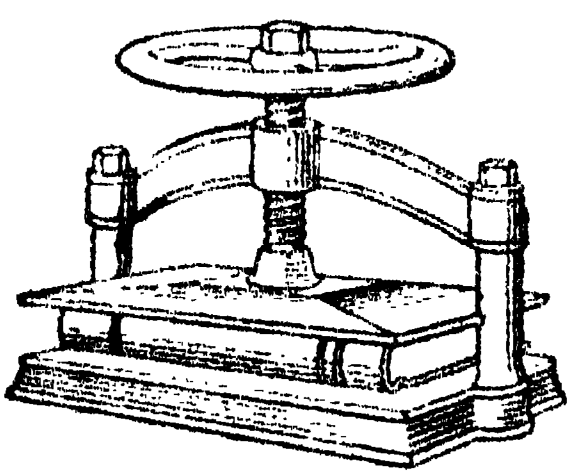
પ્રાપ્ત થયેલું કાર્ય = પ × ટ

એટલે પ × ટ = લ × (૨ π હ)

અને યાંત્રિક ફાયદો = $\frac{\text{પ}}{\text{લ}} = \frac{(\text{૨} \pi \text{હ})}{\text{ટ}}$

આ ઉપરથી લાગે છે કે જેમ હ (હાથાની લંબાઇ) વધુ હોય અને ટ (વેળનો ગાળો) ઓછો હોય તેમ યાંત્રિક ફાયદો વધતો જાય છે. આને લીધે ટૂંકા વેળવાળો સ્ક્રૂ વધુ ફાયદાકારક છે.

આકૃતિ ૧૦૮



બુક પ્રેસ

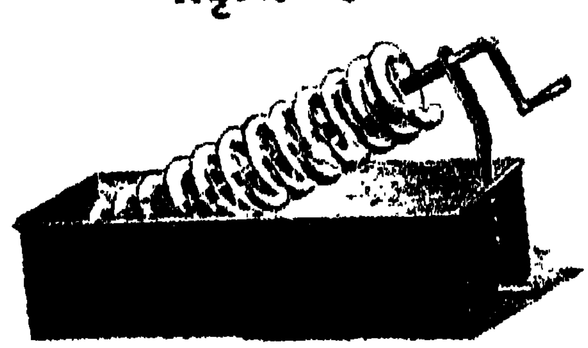
પુસ્તકના પ્રેસ (book-press) બનાવવામાં આ સિદ્ધાન્તનો ઉપયોગ થાય છે. ઉપલા ગોળ હાથા ઉપર થોડું બળ લગાડવાથી આગળ દર્શાવેલા પ્રમાણમાં વધુ બળ પ્રાપ્ત થાય છે. હાથ વડે ઉપલું ચક્ર પૂરેપૂરૂં એક વર્તુલ ફરે છે ત્યારે નીચે રાખેલું પુસ્તક સ્ક્રૂના વેળના ગાળા (pitch) જેટલું દબાય છે. લાકડાં જડવામાં અને સુતારી કામમાં સ્ક્રૂનો ઘણો જ ઉપયોગ થાય છે. લાકડાંના સાંધા જડવા માટે વપરાતા સ્ક્રૂનું માથું મોટું હોય છે અને સ્ક્રૂના વેળ ઝીણા હોય છે. સ્ક્રૂ-ડ્રાઇવર વડે લગાડેલું બળ સ્ક્રૂના માથાને છેડે લાગે છે અને એ બળ ઘણું મોટું થવાથી સ્ક્રૂને લાકડાંની અંદર માર્ગ કરવાનું સરળ થઇ પડે છે.

૧૦. છેડા વિનાનું સ્ક્રૂ છેડા વિનાના સ્ક્રૂનો સળિયો આગળ વધતો નથી, પરંતુ એક જ જગ્યાએ ફર્યા કરે છે. એની સાથે એક દાંતાવાળું ચક્ર જોડેલું

હોય છે. સ્ક્રૂને એક આખું ચક્ર ફેરવવામાં આવે એટલે દાંતાવાળા ચક્રનો એક દાંતો આગળ ખસે છે. દાંતાવાળા ચક્રને એક મોટાં પૈડાં સાથે જોડીને પૈડાંને છેડે એક વજન લગાડ્યું હોય તો દાંતાના પ્રમાણમાં નાના બળ વડે મોટું વજન ઊંચકી શકાય છે. સો દાંતા હોય તેવા ચક્રની સાથે જોડેલાં સ્ક્રૂને સો વખત ફેરવીએ ત્યારે દાંતાવાળું ચક્ર આખું વર્તુલ ફરશે, એટલે બળમાં ઓછામાં ઓછો સોગણો વધારો થશે.

૧૧. આર્કિમિડીસનું સ્ક્રૂ આર્કિમિડીસના સ્ક્રૂમાં એક લાંબી ધરી ઉપર સ્ક્રૂઆકારે એક પોલી નળી વીંટેલી હોય છે (આકૃતિ ૧૦૯). એ સ્ક્રૂનો નીચેનો છેડો પ્રવાહીમાં ડૂબેલો છે અને એ સ્ક્રૂની ધરીને ત્રાંસી રાખી ગોળ ફેરવવામાં આવે છે. એમ કરવાથી પોલી નળી વાટે પાણી ઊંચે ચઢે છે અને ઉપલે છેડેથી બહાર આવે છે. આનું કારણ એ હોય છે કે ધરીની ઉપર રહેલો નળીનો

આકૃતિ ૧૦૯.

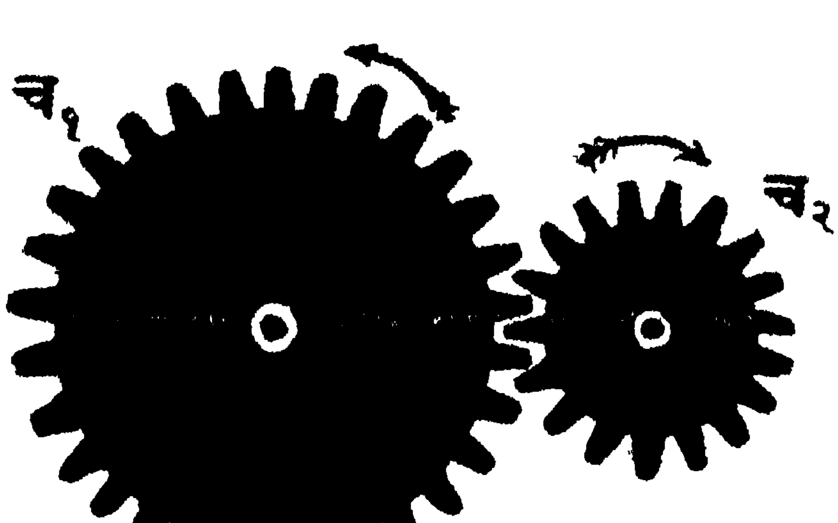


ભાગ તેનાથી ઉપલા ભાગની નળી કરતાં વધુ ઊંચાઇએ હોય છે એટલે પાણી નળીમાં આગળ વધે છે. એ નીચેનો ભાગ ઉપર આવે એટલે પાણી વળી પાછું નળીના આગળના ભાગમાં જાય છે. આમ છેવટે નળીના ઉપલા મુખવાટે પાણી બહાર પડે છે. એમાં પણ સ્ક્રૂને ફેરવવાનું બળ ઘણું ઓછું હોય છે; કારણ કે સ્ક્રૂને એક આખો આંટો ફેરવીએ ત્યારે પાણી એક વેળના ગોળા જેટલું ઊંચે ચઢે છે. આ જ નિયમ ઊલટા સ્વરૂપમાં સ્ટિમરના સ્ક્રૂવાહક (screw-propeller) માં ઉપયોગમાં લેવાય છે. સ્ક્રૂને ગતિ આપવાથી તેમાં થઇને પાણી આગળ ધસે છે

આખા સ્ક્રૂને પાણીમાં ડુબાવી ચક્રગતિ આપવામાં આવે તો પાણી એક બાજુથી બીજી બાજુ જવા પ્રયત્ન કરે છે; પરંતુ બન્ને બાજુ પાણીનું દબાણ સમતોલ હોવાથી પાણી ખસી શકતું નથી એટલે સ્ક્રૂ જ પાણીમાં આગળ વધે છે.

૧૨. દાંતાચક્રો, Gears એક ચક્ર ફેરવવાથી બીજાં અનેક ચક્રોને દાંતાચક્રો વડે ફેરવી શકાય છે. ઘડિયાળની અંદર કલાક, મિનીટ અને સેકન્ડના કાંટા જુદી જુદી ઝડપે એકજ કમાનના બળ વડે ફેરવવામાં આવાં દાંતાચક્રો ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે. એ સિવાય બળ વધારવામાં અને ગતિની વધઘટ કરવામાં દાંતાચક્રો વપરાય છે. વળી દાંતાચક્રનો ફાયદો એ છે કે એક ચક્ર એક દિશામાં ફરે ત્યારે એને જોડેલું બીજું ચક્ર ઊલટી દિશામાં ફરે છે. આથી એ ચક્રની ગતિની દિશાફેર કરવામાં પણ દાંતાચક્ર ઉપયોગમાં આવે છે. મોટરની ગતિને વધઘટ કરવામાં પણ જુદાં જુદાં દાંતાચક્રો રાખવામાં આવે છે.

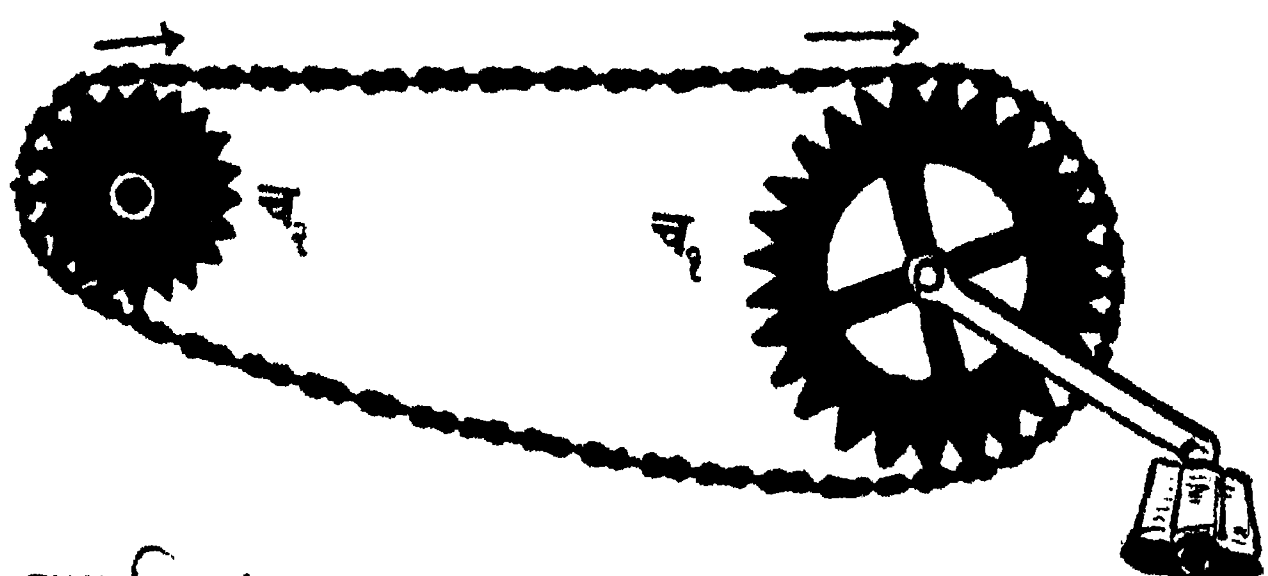
આકૃતિ ૧૧૦



જો આકૃતિ (૧૧૦) માં ચ૧ ચક્રના ૧૦૦ દાંતા હોય અને ચ૨ ચક્રના ૫૦ દાંતા હોય તો ચ૧ ચક્ર એક વખત ગોળ ફરશે તેટલામાં ચ૨ બે ગોળ આંટા મારશે. આ પ્રમાણે વત્તાઓછા દાંતા વાળા ચક્રોને જોડવાથી મોટી ચક્રગતિને નાની કરવામાં અથવા નાની ચક્રગતિને વધારવામાં દાંતાચક્રોનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. સાધારણ નિયમ પ્રમાણે જો મૂળ ચક્રને

$द_1$ દાંતા હોય અને બીજા ચક્રને $द_2$ દાંતા હોય તો મૂળ ચક્ર એકવાર ફરે તેટલામાં બીજું ચક્ર $\left(\frac{द_1}{द_2}\right)$ આંટા ફરશે. વળી મોટાં ચક્રને નાનું બળ લગાડવાથી નાના ચક્ર વડે મોટું બળ પ્રાપ્ત થશે. આવી રીતે દાંતાચક્ર વડે થતો યાંત્રિક ફાયદો પણ $\left(\frac{द_1}{द_2}\right)$ થાય છે.

આકૃતિ ૧૧૧

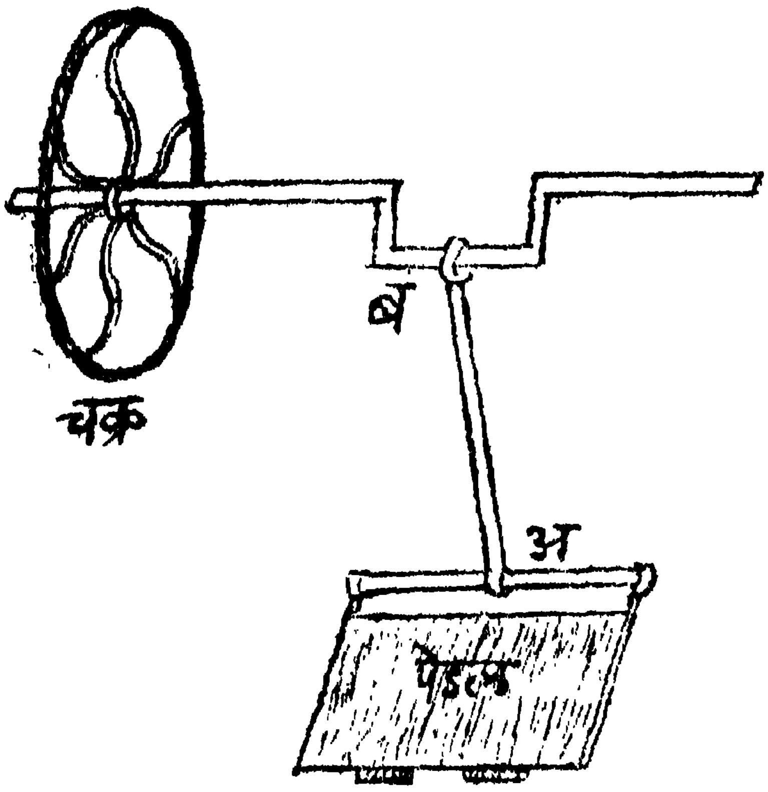


આકૃતિ (૧૧૧) માં સાઈકલના દાંતાચક્ર બતાવ્યાં છે. $च_1$ ચક્ર સાથે પેડલ જડેલું છે. એ ચક્રની સાથે જોડેલી સાંકળ નાના ચક્ર $च_2$ ની ફરતે પસાર થાય છે. $च_1$ ચક્રને ઘણા દાંતા હોવાથી $च_2$ ની ચક્રગતિ વધુ થાય છે. વળી $च_1$ ઉપર લગાડેલું બળ પણ પેડલ લાંબુ હોવાથી વિશેષ થાય છે, અને તે બળ નાના ચક્ર વડે અનેકગણું વધી જાય છે.

૧૩. રૈખિક ગતિ (linear motion) અને ચક્રગતિ (circular motion) નો પરસ્પર ફેરફાર.

યંત્રોમાં ઘણીવાર એક અંગની (part) સીધી લીટીની ગતિ (રૈખિક ગતિ) ને બીજા અંગને ગોળ (ચક્રગતિમાં) ફેરવવામાં વાપરવી પડે છે. કેટલીકવાર ચક્રગતિને રૈખિક ગતિમાં ફેરવવી પડે છે. સીવવાનો સંચો આનો દાખલો પૂરો

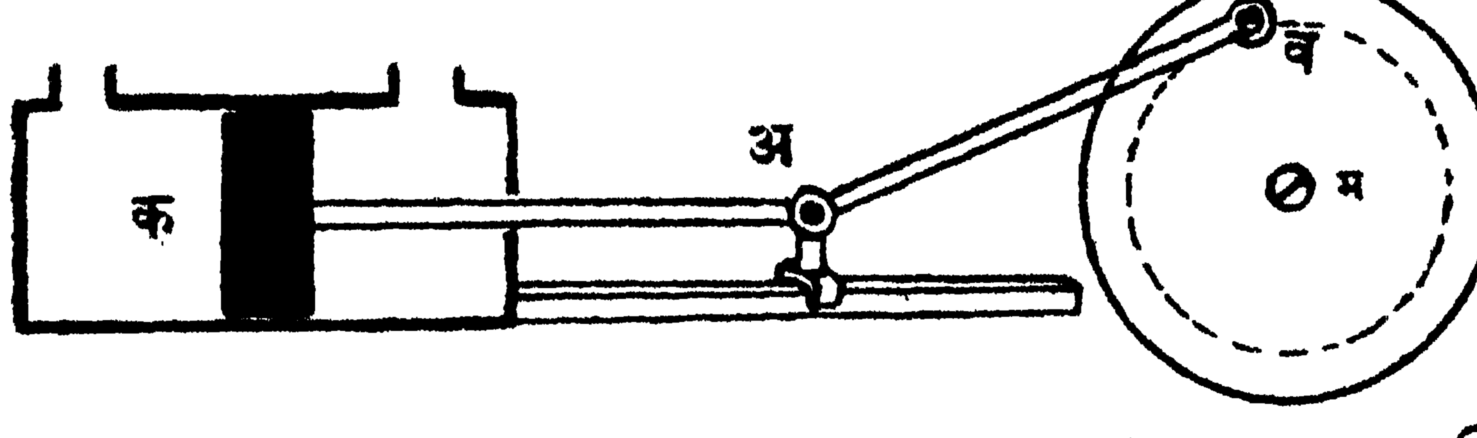
આકૃતિ ૧૧૨



પાડે છે (આકૃતિ ૧૧૨). નીચેના પેડલ (pedal) ની ગતિ સીધી લીટીની છે, તેને એક વક્ર (ખાંચાવાળી) ધરી સાથે જોડીને રેખિકગતિ વડે ધરી સાથે જોડેલું ચક્ર ગેાળ ફેરવવામાં આવે છે. એ ચક્રગતિને વળી પાછી સેાયની રેખિક ગતિમાં ફેરવવામાં આવે છે. પેડલ સીધી લીટીમાં માત્ર ઉપર નીચે જાય છે; પરંતુ अब હાથેા ખાંચાવાળી ધરી સાથે જોડેલેા હેાવાથી ચક્રને ગેાળ ગતિ આપે છે.

આકૃતિ (૧૧૩) માં ગાડીના એન્જીનમાં પિસ્ટનની રેખિક ગતિમાંથી ચક્રગતિ કેમ પ્રાપ્ત થાય છે એ બતાવ્યું છે. પૈડાંના મધ્ય (म) થી થેાડે અંતરે व આગળથી એક अव હાથેા પિસ્ટન

આકૃતિ ૧૧૩.



સાથે જોડાયેલેા છે. પિસ્ટનનેા હાથેા अक સીધી લીટીની ગતિમાં આગળ પાછળ જાય છે. આથી अव હાથા વડે જોડાયેલું ચક્રનું व બિંદુ આગળ પાછળ ખેંચાય છે. अक હાથેા એક દિશામાં આગળ પાછળ ખસે છે જ્યારે अव હાથેા તેનાથી કાટખૂણુ દિશામાં ઊંચે નીચે જાય છે. આમ બે કાટખૂણુ ગતિને લીધે व બિંદુ

અને તેની સાથે આખું ચક્ર ગોળ ફરવા લાગે છે. આવી રીતે પૈંડાની સાથે મધ્યથી દૂર હાથો જોડી સીધી ગતિને ચક્રગતિમાં ફેરવવામાં આવે તે રચનાને અપકેન્દ્રી (eccentric) કહેવામાં આવે છે.

આકૃતિ (૧૧૨) અને (૧૧૩) માં ચક્રોની ગતિ પ્રદક્ષિણ (clockwise) અને પ્રતિદક્ષિણ (anti-clock wise) પણ થઈ શકે છે. માત્ર શરૂઆતમાં એક બાજુ સહેજ ગતિ મળે એટલે તે દિશામાં પૈડું ફરવા માંડશે.

સાર

૧. જે સાધન વડે એક છેડે લગાડેલું બળ બીજે કોઈ છેડે વત્તા-ઓછા પ્રમાણમાં અને ગમે તે દિશામાં મેળવી શકાય તેને યંત્ર કહેવામાં આવે છે.

૨. કોઈ વસ્તુને એક બિંદુના ટેકા આગળથી ગોળ ફેરવવી હોય અથવા ગબડાવવી હોય તો તેના ઉપર લગાડેલાં બળની અસર તે બિંદુથી બળના અંતર ઉપર રહે છે. બળ અને અંતરના ગુણાકારને પરિબળ (moment of force) કહેવામાં આવે છે. નાના બળ દૂર લગાડવાથી વધુ પરિબળ મળે છે. એટલે તેની અસર પણ નજીકમાં લગાડેલાં મોટાં બળ જેટલી જ થાય છે. ઉચ્ચાલન, કાતર, ધમણ, તોલકાંટો, વગેરે સાધનોમાં આધાર બિંદુ (ફલક) થી ટૂંકે છેડે જે બળ પ્રાપ્ત કરવું હોય તે લગાડવામાં આવે છે અને લાંબે છેડે નાનું બળ લગાડવામાં આવે છે. નાના બળ વડે આમ મોટું બળ પ્રાપ્ત કરી શકાય છે. સગવડ માટે મોટું બળ ટૂંકે છેડે લગાડી લાંબે છેડે ઓછું બળ પણ પ્રાપ્ત કરવામાં આવે છે. ત્રાજવાંમાં પણ પરિબળના નિયમનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

૩. યંત્ર વડે નાના બળનો ઉપયોગ કરી મોટું બળ પ્રાપ્ત કરી શકાય છે, એટલે પ્રાપ્ત થતાં બળ અને લગાડેલાં બળના ગુણોત્તરને યાંત્રિક ફાયદો કહેવામાં આવે છે. જો ઘર્ષણ ન હોય તો એ જડેલી ગરગડીનો યાંત્રિક ફાયદો '૧' છે. એક છૂટી ગરગડીનો યાંત્રિક ફાયદો '૨' છે અને ત્રણ છૂટી અને ત્રણ જડેલી ગરગડીનો યાંત્રિક ફાયદો નીચેની ગરગડીની સાથે જોડાયેલી દોરી જેટલો (એટલે '૬') થાય છે. ઢાળનો યાંત્રિક ફાયદો ઢાળના લંબાઇ અને ઊંચાઇના ગુણોત્તર જેટલો થાય છે. સ્ક્રૂનો યાંત્રિક ફાયદો તેના વેળના ગાળાના ઉલટા પ્રમાણમાં હોય છે. દાંતાચક્રોનો યાંત્રિક ફાયદો ચક્રોના દાંતાની સંખ્યાંના ગુણોત્તર જેટલો થાય છે. દાંતાચક્ર વડે ચક્રગતિની દિશા ફેરવી શકાય છે. અપકેન્દ્ર વડે ખે રેખિક ગતિને ચક્રગતિમાં ફેરવી શકાય છે.

પ્રકરણ ૧૨

ગુરૂત્વાકર્ષણ Gravitation

૧ ગુરૂત્વાકર્ષણનો નિયમ આઇઝેક ન્યુટનની રૂપરેખામાં જણાવવામાં આવ્યું હતું કે તેણે દ્રવ્યના અરસપરસના આકર્ષણના નિયમો અને વિશ્વવ્યાપક ગુરૂત્વાકર્ષણનો નિયમ શોધી કાઢ્યા હતા. કહેવાય છે કે ન્યુટન તેના બાગમાં સફરજનના ઝાડ નીચે બેસી વિચારતો હતો ત્યાં એક ફળને નીચે પડતાં જોયું; એથી તેને આશ્ચર્ય થયું કે એ ફળ પૃથ્વીની સપાટી તરફજ શાથી પડે છે અને ઊંચે શાથી જતું નથી? આ ઉપરથી તેને લાગ્યું કે સર્વ વસ્તુને પૃથ્વી તરફ આકર્ષતું કોઇ બળ હોવુંજ જોઇએ અને કદાચ તેજ આકર્ષણને આધારે સૂર્ય પૃથ્વીને આકર્ષે છે અને તેની કક્ષામાં ફરતી રાખે છે. જો સૂર્યનું આકર્ષણ ન હોય તો પૃથ્વી તુરત જ તેની કક્ષાની (વર્તુલ) સ્પર્શરેખા (tangent)ની દિશામાં દૂર ચાલી જાય. તેણે પૂરવાર કર્યું કે આકર્ષણનો નિયમ વિશ્વમાં સર્વવ્યાપક છે. એ નિયમ પ્રમાણે આ વિશ્વમાં દરેક બે વસ્તુ એકબીજાને તેના વજનના (દ્રવ્યમાનના) પ્રમાણમાં અને દૂરતાના વર્ગથી ઊલટા (વ્યુત્ક્રમ) પ્રમાણમાં આકર્ષે છે. આ જાતના દ્રવ્યના એકમેકના આકર્ષણ બળને ન્યુટને ગુરૂત્વાકર્ષણ બળ (force of gravitation) નામ આપ્યું. ધારો કે બે દ્રવ્યનાં વજન $व_1$ અને $व_2$ છે અને બન્નેનું અંતર अ છે તો બન્નેનું આકર્ષણ બળ ब નીચેના સમીકરણ વડે મળે છે:

$$ब \propto \frac{व_1 \times व_2}{(अ)^2} \text{ અથવા } ब = ग \times \frac{व_1 \times व_2}{(अ)^2}$$

ग = ગુરૂત્વાકર્ષણનો નિયત આંકડો, (constant of gravity).

આ ઉપરથી સમજાય છે કે જેમ વજન વધુ હોય તેમ આકર્ષણ બળ વધે છે; અને અંતર વધે છે તેમ અંતરના વર્ગના પ્રમાણમાં આકર્ષણબળ ઘટે છે. પૃથ્વીની સપાટીથી ૪૦૦૦ હજાર માઇલ ઊંચે જઇએ તો આકર્ષણબળ ચારગણું ઓછું થાય છે. એજ પ્રમાણે ધારો કે ચંદ્ર ઉપર જઇએ તો ચંદ્રનું વજન ઓછું હોવાથી ત્યાંની સપાટી ઉપર એક વજનને લાગતું આકર્ષણ બળ પૃથ્વીથી છગણું ઓછું થાય છે. આથી પૃથ્વીની સપાટી ઉપર એક માણસ ત્રણ મણ ભાર ઊંચકી શકતો હોય તો તે ચંદ્રની સપાટી ઉપર ૧૮ મણ વજન ઊંચકી શકે છે. અને જે માણસ પૃથ્વી ઉપર ૨૦ ફૂટ કૂદી શકતો હોય તો તે ચંદ્ર ઉપર ૧૨૦ ફૂટ લાંબો કૂદકો મારી શકે છે.

ઉપરના નિયમ પ્રમાણે વિશ્વની દરેક વસ્તુ પરસ્પર આકર્ષતી હોવાથી બે વસ્તુ હમેશાં એક બીજાની નજીક આવવાનો પ્રયત્ન કરે છે. એ પ્રમાણે પૃથ્વી ઉપર પડતી વસ્તુના અને પૃથ્વીના પરસ્પર આકર્ષણથી વસ્તુ અને પૃથ્વી એકમેકની નજીક આવે છે. પૃથ્વીનું વજન અતિ ભારે હોવાથી પૃથ્વી ખસતી નથી, પરંતુ દરેક નાની વસ્તુ એની સપાટી તરફ પડતી માલૂમ પડે છે.

૨. વસ્તુની પડવાની દિશા

પૃથ્વીની સપાટી ઉપર ગમે ત્યાંથી વસ્તુ પડતી હોય તે સર્વ પૃથ્વીના મધ્ય તરફ આકર્ષાય છે. પૃથ્વી ગોળ છે, છતાં ગમે તે બાજુથી વસ્તુ પડે તે સર્વ તેના મધ્ય તરફ જ પડે છે. પૃથ્વીની સપાટીની દરેક બાજુથી પડતા પદાર્થોની દિશામાં લીટીઓ દોરી પૃથ્વીના ગર્ભમાં પરસ્પરને મળવા દઇએ તો માલૂમ પડશે કે એ સર્વ લીટીઓ એક જ બિંદુમાં છેદે છે.

દરેક પદાર્થ પૃથ્વીની સપાટી ઉપરથી એ બિંદુ તરફ જવા આકર્ષાય છે. આ બિંદુને પૃથ્વીનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ (centre of gravity) કહેવામાં આવે છે, અને જે દિશામાં પદાર્થ પડે છે તે દિશાને શિરોલંબ દિશા (vertical direction) કહેવામાં આવે છે. બે વસ્તુને એકી સાથે અને એક જ જગ્યાથી પડવા દઇએ તો પૃથ્વીની સપાટી ઉપર એ બન્ને શિરોલંબ દિશામાં પડે છે. પૃથ્વીનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ આશરે ૪૦૦૦ માઇલ ઊંડાઇએ આવેલું છે એટલે એ બન્ને પદાર્થો લગભગ સમાંતર સીધી લીટીમાં પડતા માલૂમ પડે છે. પરંતુ એ લીટીઓ ખરી રીતે સમાંતર નથી અને ૪૦૦૦ માઇલના અંતરે એ ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ આગળ મળે છે.

જો પૃથ્વીનું ગુરૂત્વાકર્ષણ ન હોય તો બે વસ્તુઓ એકમેકના તરફ આકર્ષાઇ જશે. પૃથ્વીના પ્રચંડ આકર્ષણને લીધે બે વસ્તુનું એકમેકનું આકર્ષણ નોંધી શકાતું નથી. આમ છતાં મોટા પર્વતો નજીક જો એક ઓરંબો (plumet) લટકાવ્યો હોય તો તે શિરોલંબ (vertical) ન રહેતાં સહેજ પર્વત તરફ ઢળેલો રહેશે; કારણ કે પર્વતનું વજન પ્રમાણમાં ઘણું હોવાથી ઓરંબા ઉપર તેના આકર્ષણની અસર માલૂમ પડે છે.

૩. વસ્તુને પડવાનો વેગ

પૃથ્વીના આકર્ષણ બળથી દરેક વસ્તુ નીચે પડવા માંડે છે; પરંતુ જ્યાં સુધી વસ્તુ પડતી રહે છે ત્યાં સુધી ચાલુ આકર્ષણ બળ લાગ્યા કરતું હોવાથી વસ્તુના વેગમાં પ્રવેગ (acceleration) આવે છે. દરેક વસ્તુને એક સરખો પ્રવેગ લાગુ પડે છે. જેમ વજન વધારે તેમ આકર્ષણ બળ વધુ થાય છે; પરંતુ આગળ બતાવ્યું તેમ

આકર્ષણ બળ = વજન × પ્રવેગ

હોવાથી વજન બમણું હોય તો આકર્ષણ બળ બમણું થાય, પરંતુ પ્રવેગ તેટલો જ રહે છે. આ નિયમની પ્રથમ શોધ ગૅલિલિયોએ કરી હતી અને બધાના આશ્ચર્ય વચ્ચે પીસાના ઢળતા ટાવરના ઊંચા શિખર ઉપરથી એક રતલનું અને પાંચ રતલના બે વજન એકી સાથે ફેંકીને બતાવ્યું કે બન્ને વજન એક સરખી પ્રવેગી ગતિથી પડે છે. એ જ નિયમને આધારે એક ઘણું જ હલકાં પીછાંને અને ભારે ધાતુના ટૂકડાને હવાનો અવરોધ દૂર કરી સાથે પડવા દેવામાં આવે તો બન્ને એક સરખી ગતિથી પડશે. એક નળીમાં એક પીછું અને ધાતુનો સીક્કો નાંખી, એ નળીમાંથી હવા કાઢી લઈ જો નળીને ઊલટાવી નાંખીશું તો માલૂમ પડશે કે બન્ને એકી સાથે નીચે પડે છે. એ ગતિ કેટલી છે તે આગળ દર્શાવ્યું છે. દરેક વસ્તુ ૯૮૦ સેમિ./સેક.^{2} અથવા ૩૨ ફૂટ/સેક.^{2}ના પ્રવેગથી નીચે પડે છે. આ ગુરૂત્વાકર્ષણના પ્રવેગ (acceleration due to gravity) ને આપણે ग (g) થી દર્શાવીશું. એક મૂક્ત પતન થતી (freely falling) વસ્તુ અમુક વખતમાં કેટલું અંતર કાપે છે તે નીચેના સમીકરણથી માલમ પડે છે, તે આગળ આપણે જોઇ ગયા છીએ.

$$\text{अ} = \frac{1}{2}\,\text{ग}\,(\text{स})^2$$

જેમાં अ = અંતર, स = સમય

અને ग = ગુરૂકર્ષણનો પ્રવેગ

= ૩૨ ફૂટ/સેક.^{2}

= ૯૮૦ સેમિ./સેક.^{2}

એટલે

$$\text{अ} = 16\,(\text{स})^2 \text{ ફૂટ} = 490\,(\text{स})^2 \text{ સેન્ટિમિટર}$$

આ પ્રવેગમાં જેમ ઊંચે જઇએ તેમ ફેર પડે છે; પરંતુ એ ફેર સાધારણ ઊંચાઇએ ખાસ નોંધવા જેટલો હોતો નથી. મુંબઇની આસપાસના પ્રદેશમાં ગુરૂત્વાકર્ષણ પ્રવેગ (ग) નું મૂલ્ય ૯૭૮ સેમિ./સેક^{2} માલૂમ પડે છે.

૪. પૃથ્વીની સપાટી ઉપર આકર્ષણ બળમાં ફેરફાર

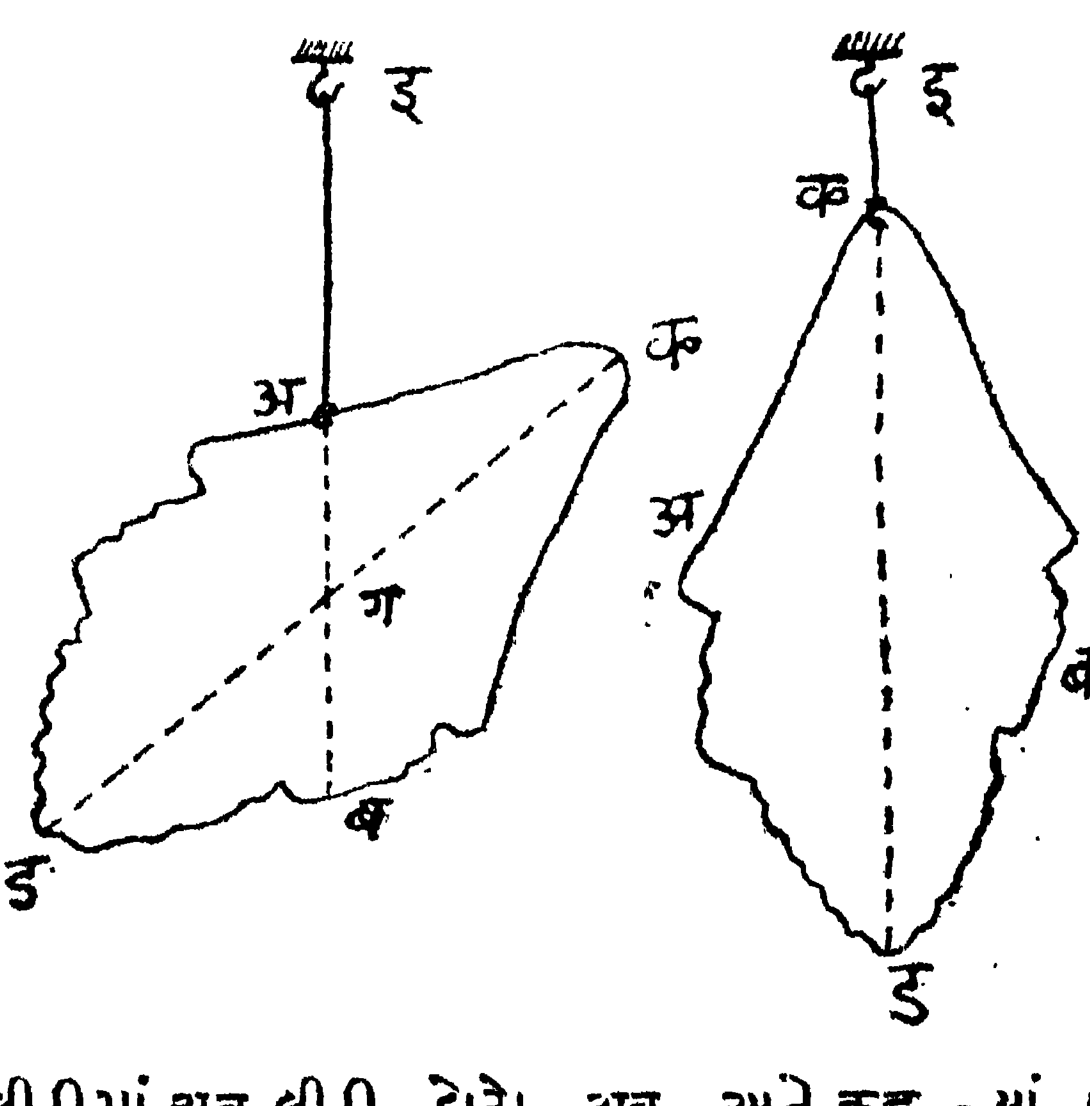
એક વસ્તુથી ચાર હજાર માઇલ દૂર એક બિંદુ ઉપર જો પૃથ્વીના જેટલો ભાર એકાગ્ર (concentrated) કરીને રાખ્યો હોય અને તેના વડે એ વસ્તુ ઉપર જેટલું આકર્ષણ બળ લાગે તેટલું બળ પૃથ્વીની સપાટી ઉપર તે વસ્તુને લાગે છે. પૃથ્વીની સપાટી તેના ગુરૂત્વમધ્યબિંદુથી ૪૦૦૦ માઇલ દૂર છે, અને આકર્ષણના નિયમ પ્રમાણે આખી પૃથ્વીનો ભાર જાણે એ જ બિંદુએ એકાગ્ર થઇને બહારના દ્રવ્યને આકર્ષતો હોય તેમ ધારવું પડે છે. આટલે દૂર ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ હોવાથી પૃથ્વીની સપાટી ઉપર એકબે માઇલની ઊંચીનીચી સપાટીને લીધે થતા ગુરૂત્વાકર્ષણ બળના ફેરફાર નોંધી શકાતા નથી. પૃથ્વીની સપાટી ઉપર એક વસ્તુનો ભાર ૨૦ રતલ હોય તો ત્રણ માઇલ ઊંચા પર્વતના શિખર ઉપર તેનો ભાર અર્ધો ઔંસ ઓછો થાય છે. એ જ પ્રમાણે પૃથ્વીની સપાટીથી જુદે જુદે અંતરે ગુરૂત્વાકર્ષણના વત્તાઓછા બળને લીધે પડતી વસ્તુનો પ્રવેગ (acceleration) પણ વત્તોઓછો થાય છે. ગુરૂત્વાકર્ષણના બળનો ધ્યાનમાં આવી શકે તેવો ફેરફાર પૃથ્વીના વિષુવવૃત ઉપર અને ધ્રુવ ઉપર એક વસ્તુનો ભાર માપતાં માલૂમ પડે છે. વિષુવવૃત ઉપર પૃથ્વી ઉપસેલી હોવાથી અને ધ્રુવ આગળ ચપટી હોવાથી ગુરૂત્વમધ્યબિંદુથી વિષુવવૃતનું અંતર ધ્રુવના અંતર કરતાં ૧૮

થી ૧૯ માઇલ વધારે છે. આથી ધ્રુવ આગળ વસ્તુનો ભાર (weight) વિષુવવૃતના ભાર કરતાં વધુ માલૂમ પડે છે.

૫. ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ
Centre of gravity

પ્રયોગ (૧):–એક લાકડાનું પાટિયું લઇ એક ટેબલ ઉપર મૂકો. એ પાટિયાંને ધીમેધીમે ટેબલની કોરથી બહાર ધકેલો. જેવું પાટિયું સમતોલપણું ગુમાવે અને પડી જવાની અણી ઉપર આવે કે ટેબલની કોરની સમાન્તર એક લીટી પાટિયાં ઉપર દોરો. પાટિયાંને બે ત્રણ વાર દિશાફેર કરી ફરીથી ઉપરનો પ્રયોગ કરો. બધી લીટી એક બિંદુ આગળ છેદશે. એ બિંદુની નીચે આંગળી રાખી પાટિયાંને સમતોલો. આ બિંદુ પાટિયાંનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ (centre of gravity) છે.

આકૃતિ ૧૧૪

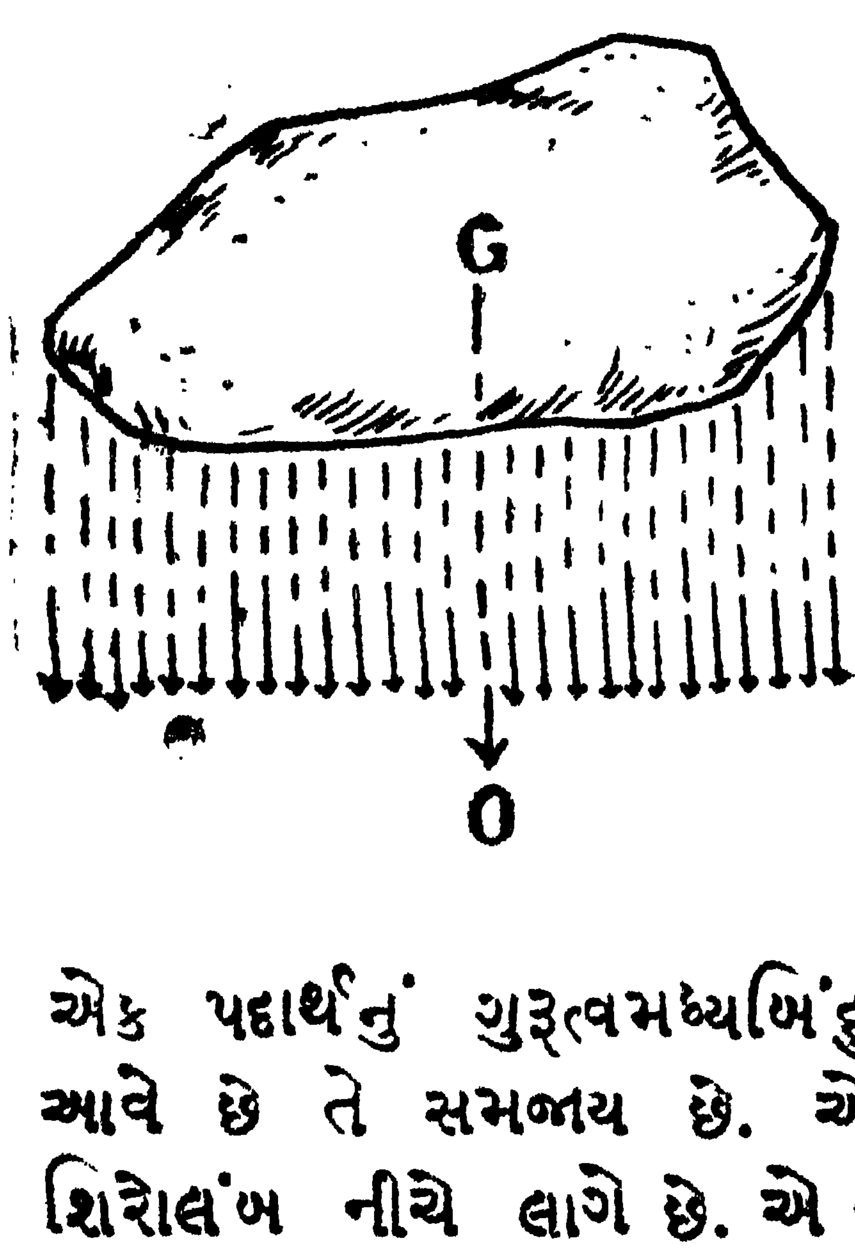


(૨):–આકૃતિ (૧૧૪) માં બતાવ્યા મુજબના ગમે તેવા આકારના જાડા કાગળના એક કપાટિયાંને દોરી વડે क બિંદુમાંથી લટકાવો. દોરીની સીધી લીટીમાં કાગળ ઉપર શિરોલંબ (vertical) कड લીટી દોરો. ફરીથી એ જ કાગળને अ બિંદુ આગળ લટકાવો, અને દોરીની લીટીમાં अब લીટી દોરો. अब અને कड જ્યાં છેદે છે તે બિંદુ ग ઉપર આંગળી રાખી છૂટા કાગળને સમતોલો. ग આગળ કપાટિયાંનુ ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ છે.

ઉપરના જેવો પ્રયોગ કરી નિયત આકારના (ત્રિકોણુ, ચોરસ, લંબગોળ, સમાન્તર બાજુ ચતુષ્કોણુ, વર્તુલાકાર વગેરે) કાગળના કપાટિયાં લઇ ફરીથી ઉપરનો પ્રયોગ કરી તેમનાં ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ શોધી કાઢો.

ઉપરના પ્રયોગ ઉપરથી સમજાય છે કે દરેક વસ્તુમાં એક બિંદુ એવું હોય છે કે જેના ઉપર વસ્તુ સમતોલ રહે છે, અને વસ્તુનો સમસ્ત ભાર એ બિંદુ ઉપર કેન્દ્રિત થયો હોય તેમ લાગે છે. પ્રયોગ (૧) માં સમજાય છે કે જ્યાં સુધી વસ્તુનું એ નિયત બિંદુ ટેબલથી અલગ થતું નથી ત્યાં સુધી વસ્તુ સમતોલ રહે છે. એ ઉપરથી લાગે છે કે પૃથ્વીના આકર્ષણુને લીધે વસ્તુનો ભાર એ બિંદુમાંથી શિરોલંબ નીચે (vertically downward) લાગે છે. પ્રયોગ (૨) માં પણુ વસ્તુનો ભાર હમેશા ગ બિંદુથી શિરોલંબ દિશામાં જ લાગે છે.

આકૃતિ ૧૧૫



પહેલી વખતે વસ્તુનો ભાર ઙકઙ દિશામાં છે અને બીજી વખતે ભાર ઙબ્વ દિશામાં છે. એટલે બન્ને વખતે ગ બિંદુમાંથી ભાર લાગુ પડે છે. એ બિંદુ ઉપર આંગળી રાખવાથી વસ્તુ સમતોલ રહે છે એટલે તેને ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ કહેવામાં આવે છે. આકૃતિ (૧૧૫) ઉપરથી એક પદાર્થનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ એક બિંદુ આગળ કેવી રીતે આવે છે તે સમજાય છે. એ પદાર્થના દરેક અણુનો ભાર શિરોલંબ નીચે લાગે છે. એ ભારો સમાન્તર લીટીથી દર્શાવેલા છે. એ સર્વ ભારનું સમાસબળ કાઢીએ તો તે G આગળથી

GO દિશામાં આવે છે. G આગળ વસ્તુનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ છે અને GO ગુરૂત્વરેખા દર્શાવે છે.

ग બિંદુમાંથી શિરોલંબ લીટી દોરીએ. તેને ગુરૂત્વરેખા કહેવામાં આવે છે.

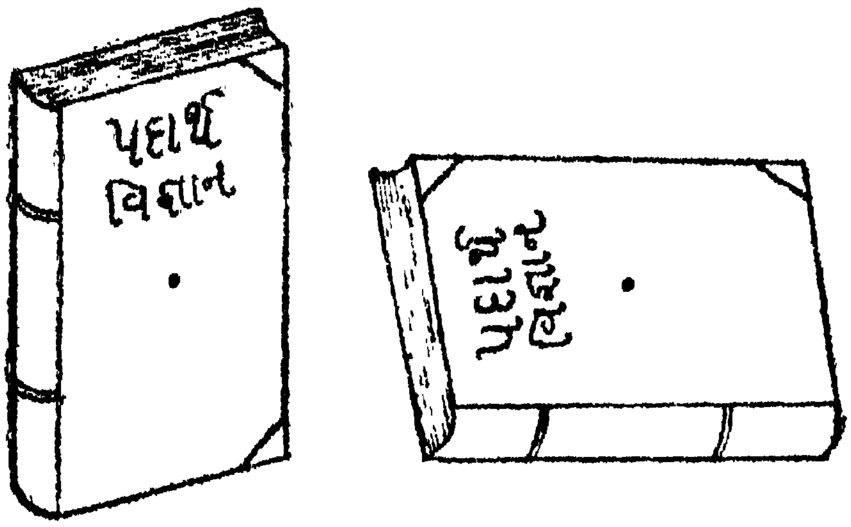
ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ આગળ વસ્તુનો સમસ્ત ભાર એકત્ર થયેલો હોય એમ આપણને લાગે છે. કારણ કે એ બિંદુની નીચે આંગળી રાખવાથી આખી વસ્તુનો ભાર આંગળી ઉપર લાગે છે અને આંગળી ઉપર વસ્તુ સમતોલ રહે છે. એક વસ્તુ એ ધ્યાનમાં રાખવાની છે કે ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ કેટલીક વાર વસ્તુના દ્રવ્યની બહાર પણ હોઇ શકે છે. દા. ત. ઘોડાની નાળનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ ઉપર દર્શાવેલા પ્રયોગવડે કાઢીએ તો તે નાળના વર્તુલની મધ્યે એક કાલ્પનિક બિંદુ ઉપર આવે છે.

નિયત આકારની અને એકરૂપ વસ્તુનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ હમેશાં તેના ભૂમિતિકેન્દ્ર (geometric centre) આગળ જ હોય છે. એ નિયમિત આકારની અને એકરૂપ નહી હોય તેવા પદાર્થની વસ્તુનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ પ્રયોગ (૨) માં બતાવ્યા મુજબ કાઢવામાં આવે છે. વસ્તુને વારાફરતી બે બિંદુથી લટકાવી તે બિંદુથી શીરોલંબ લીટીઓ દોરવાથી બન્નેનું છેદનબિંદુ આવે ત્યાં વસ્તુનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ હોય છે.

૬. **ગુરૂત્વરેખા અને સમતોલપણું, Equilibrium**

પ્રયોગઃ—(૧) એક જાડી ચોપડીને નાની બાજુ ઉપર ઊભી રાખો (આકૃતિ ૧૧૬, '૧'). હવે તેને ઉપલી બાજુને ધક્કો આપી કોડી કરો. ચોપડી આકૃતિ (૧૧૬, '૨') માં બતાવ્યા મુજબ નીચે પડી

આકૃતિ ૧૧૬

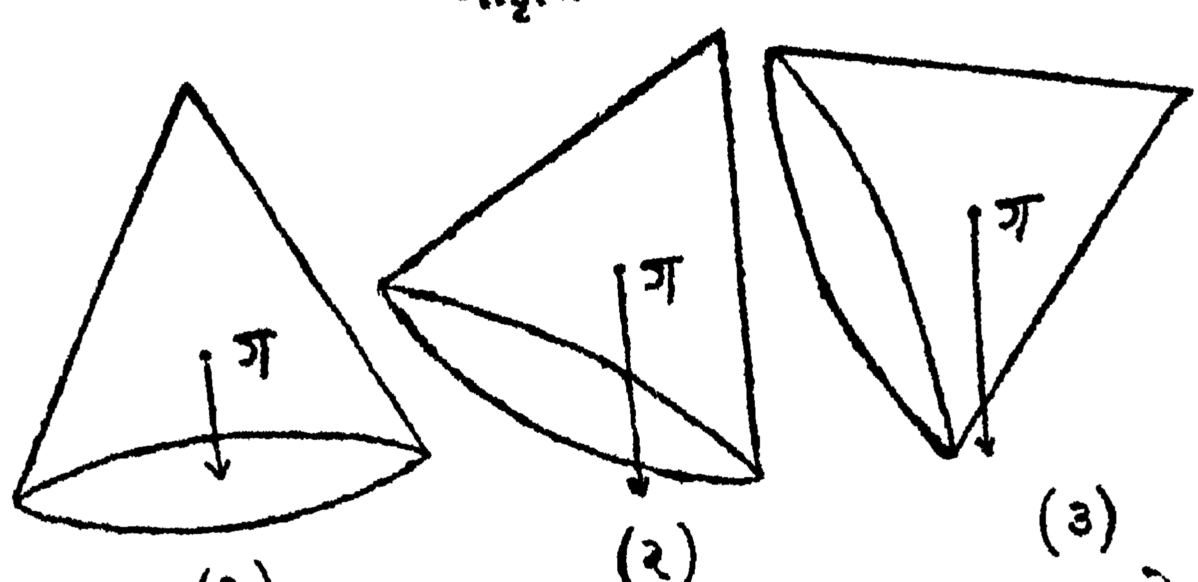


જશે. એમ પહોળી બાજુ ઉપર પડેલી ચોપડીની એક બાજુને થોડી ઊંચકીને પાછી મૂકો. ચોપડી તેની તેજ સ્થિતિમાં પાછી આવે છે.

(૨) એક ત્રિશંકુને તેની ટોચ ઉપર ઊભો રાખવાનો પ્રયત્ન કરો.

ત્રિશંકુ નીચે કોડી થઇને બાજુ ઉપર પડી જશે. કોડી થઇને
પડેલા ત્રિશંકુને ગમે તેમ ગબડાવશો તે દરેક સ્થિતિમાં સમતોલ રહેશે.
હવે એ ત્રિશંકુને આકૃતિ (૧૧૭, '૧') માં બતાવ્યા મુજબ તેના પાયા

આકૃતિ ૧૧૭



ઉપર સ્થિર રાખો. એની ટોચને એક બાજુએ થોડી ધકેલો (આકૃતિ ૧૧૭, '૨'). ત્રિશંકુ પાછો અસલ સ્થિતિએ આવી જશે. ફરીથી આકૃતિ (૧૧૭, '૩') માં બતાવ્યા મુજબ એ ત્રિશંકુને કોડી કરો. એ વખતે ત્રિશંકુ તેની બાજુ ઉપર ગબડી જશે.

ઉપરના પ્રયોગ ઉપરથી ખ્યાલ આવે છે કે કેટલીક સ્થિતિમાં વસ્તુ અસ્થિર અને અસમતોલ રહે છે; કેટલીક સ્થિતિમાં તે ગમે તેમ ગબડાવવાથી પણ સ્થિર રહે છે; અને કેટલીકમાં સ્થિર અને સમતોલ રહે છે. નાની બાજુ ઉપર ઊભેલી ચોપડી અસ્થિર સમતોલપણાની સ્થિતિ દર્શાવે છે. એને;

સહેજ કોડી કરતાં તે નીચે ગબડીને મોટી બાજુ ઉપર નીચે સ્થિર સમતોલપણાની સ્થિતિમાં આવે છે. એજ પ્રમાણે શંકુ પણ ટોચ ઉપર ઊભો રહેતો નથી. એટલે તે અસ્થિર સમતોલપણાની (unstable equilibrium) ની સ્થિતિ દર્શાવે છે. બાજુ ઉપર કોડી થઇને પડેલો હોય ત્યારે શિથિલ સમતોલપણાની સ્થિતિ (neutral equilibrium) દર્શાવે છે. એજ પ્રમાણે એક દડાને ગમે તેમ ગબડાવીએ તો તે પણ શિથિલ સમતોલપણુ જાળવે છે. મોટી બાજુ ઉપર રહેલી ચોપડી તેમજ પાયા ઉપર ઊભેલો શંકુ સ્થિર સમતોલપણુ (stable equilibrium) ની સ્થિતિ દર્શાવે છે.

આ ઉપરથી સમતોલપણાના કેટલાક નિયમો આપણે તારવી શકીએ છીએ.

(૧) કોઇપણ વસ્તુને સહેજ સ્થળાંતર કરતાં તેની અસલની સ્થિતિથી સ્થળાંતર થાય તો તે અસ્થિર સમતોલપણાની (unstable equilibrium) સ્થિતિમાં ગણાય. દા. ત. નાની બાજુ ઉપર ઊભેલી ચોપડી.

(૨) કોઇ વસ્તુને સ્થળાંતર કરવાથી દરેક અવસ્થામાં સ્થિર રહે તેને શિથિલ સમતોલપણાની (neutral equilibrium) સ્થિતિમાં ગણવામાં આપે છે દા. ત. દડો, કોડી થઇને પડેલો શંકુ, વેલણુ વગેરે.

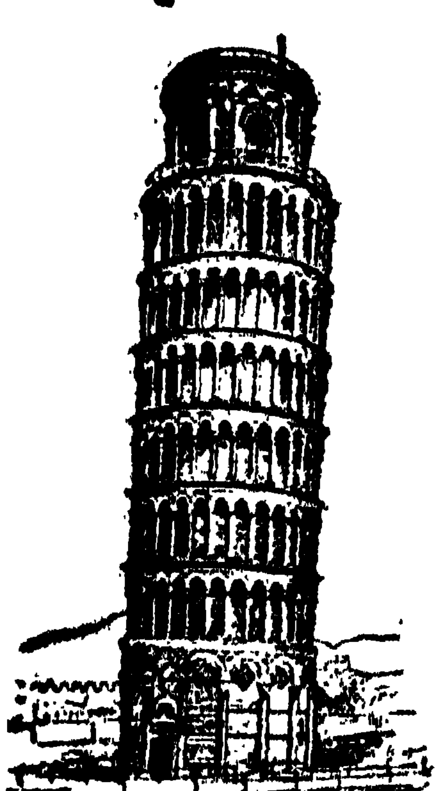
(૩) કોઇ વસ્તુને બળ લગાડી સહેજ સ્થળાંતર કરીને છોડી દેતાં પાછી અસલ સ્થિતિ ઉપર આવે તેને સ્થિર સમતોલપણુ (stable equilibrium) કહેવામાં આવે છે. દા. ત. મોટી બાજુ ઉપર પડેલી ચોપડી, પાયા ઉપર ઊભેલો શંકુ, બાજુ ઉપર સપાટ પડેલો સિક્કો .વગેરે

વસ્તુના ગુરૂત્વમધ્યબિંદુમાંથી શિરોલંબ લીટી દોરીએ તેને ગુરૂત્વરેખા કહેવામાં આવે છે. એ ગુરૂત્વરેખા જ્યાંસુધી વસ્તુના પાયામાં પડતી હોય ત્યાં સુધી વસ્તુ સમતોલ રહે છે. એક શંકુને (આકૃતિ ૧૧૭ '૧' '૨' અને '૩')માં બતાવ્યા પ્રમાણે જો ઊંચકીશું તો જ્યાં સુધી એની ગુરૂત્વરેખા (આકૃતિ ૧૧૭ '૨') માં બતાવ્યા પ્રમાણે પાયામાંજ પડતી હશે ત્યાંસુધી એ શંકુ ઉથલી પડશે નહિ અને સમતોલ રહેશે. પરંતુ જો શંકુને આકૃતિ (૧૧૭ '૩') માં બતાવ્યા પ્રમાણે ઉથલાવીશું તો ગુરૂત્વરેખા પાયાની બહાર પડશે કે તરત એ ઉથલી પડશે. જેમ ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ નીચે તેમ સમતોલપણું વધુ સ્થિર.

(૧) જ્યાંસુધી ગુરૂત્વરેખા પાયામાં પડે છે ત્યાંસુધી વસ્તુ સમતોલ રહે છે અને

(૨) જેમ ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ નીચે તેમ વધુ સ્થિર સમતોલ પણું હોય છે. ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ હમેશાં બને તેટલું નીચે આવવા પ્રયત્ન કરે છે.

આકૃતિ ૧૧૮

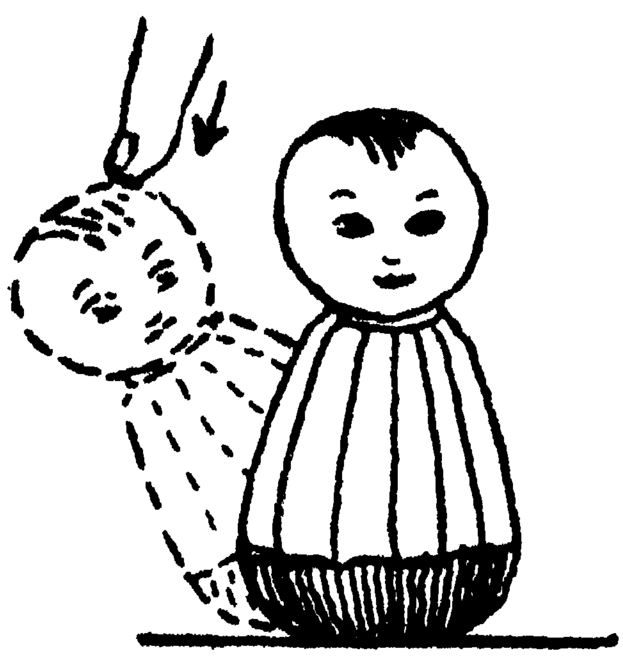


ઇટલીનો પીસાનો ઢળતો ટાવર (આકૃતિ ૧૧૮) પણ આજ નિયમને લીધે સ્થિર રહેલો છે. તેની ગુરૂત્વરેખા તેના પાયામાં પડે છે એટલે તે સમતોલ રહેલો છે.

ગુરૂત્વમધ્યબિંદુને નીચું લાવવાથી વસ્તુ વધુ સમતોલ બને છે. એ જ નિયમને લીધે માણસ વધુ સમતોલપણે ઊભો રહેવા

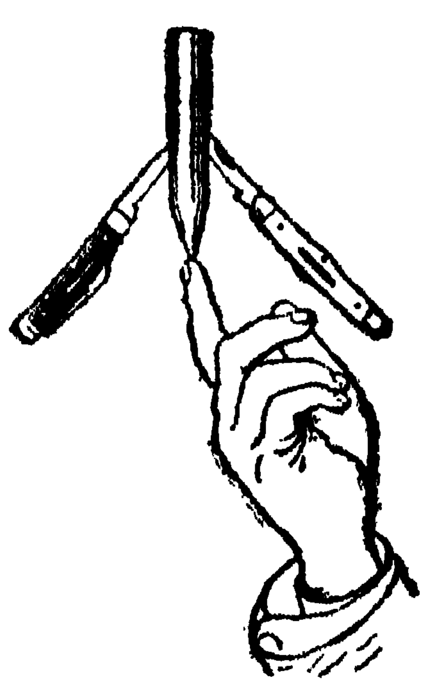
માગે તો તે પહોળા પગ કરીને ઊભો રહે છે. કુસ્તી કરનારા મલ્લ પણ આ પ્રમાણે કરે છે. તોફાન વખતે હોડી ડાલમડોલ થતી હોય તો બધા માણસો હોડીના નીચેના ભાગમાં બેસી જઇને હોડીનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ બને તેટલું નીચે લાવે છે. વહાણને અને દ્રવતુલા (hydrometer) ને સ્થિર સમતોલપણામાં લાવવા માટે નીચેના ભાગમાં વધુ ભાર લાદવામાં આવે છે. કેટલાંક ડોલતાં રમકડાંના તળિયાંનો ભાગ બહુ ભારે રાખવામાં આવે છે અને તેથી જ્યારે રમકડું ઊભું હોય ત્યારે એનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ તદ્દન નીચે હોય છે. એ રમકડાનું તળિયું ગોળ રાખવામાં આવે છે એટલે સામાન્ય રીતે એ રમકડું ઊભી સ્થિતિમાં જ

આકૃતિ ૧૧૯

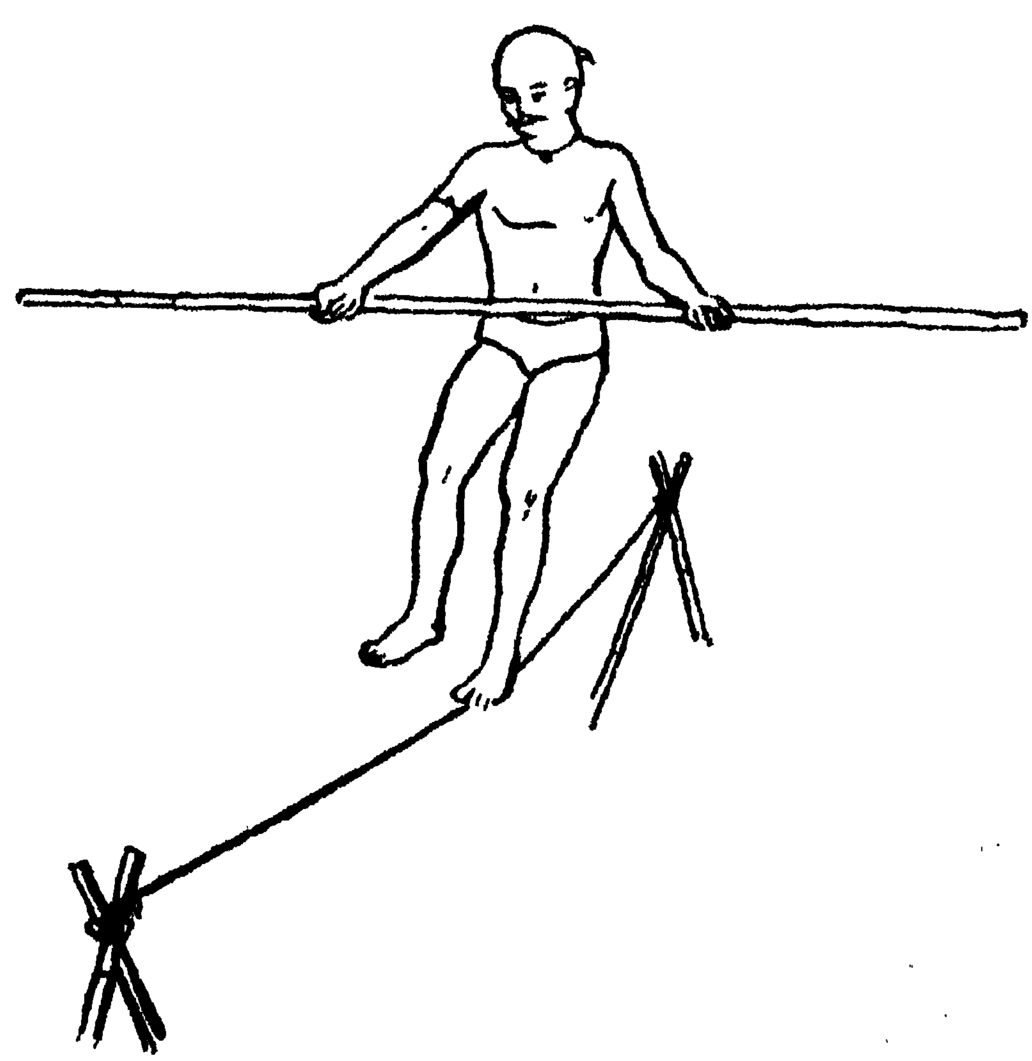


ડોલતું રમકડું

આકતિ ૧૨૦

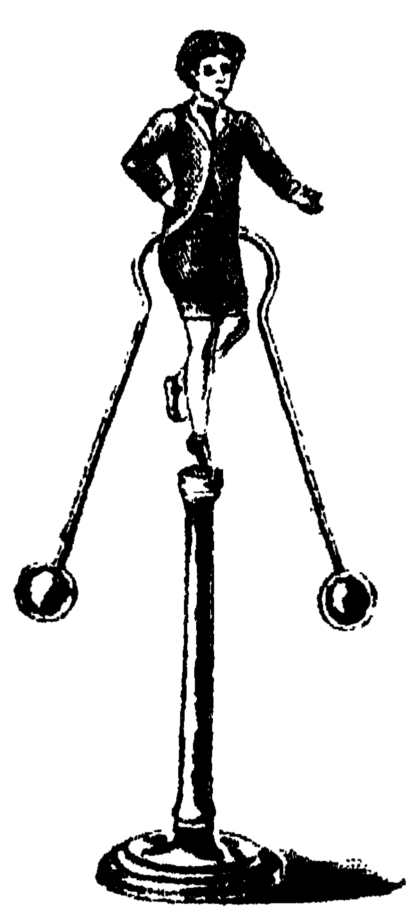


આકૃતિ ૧૨૧

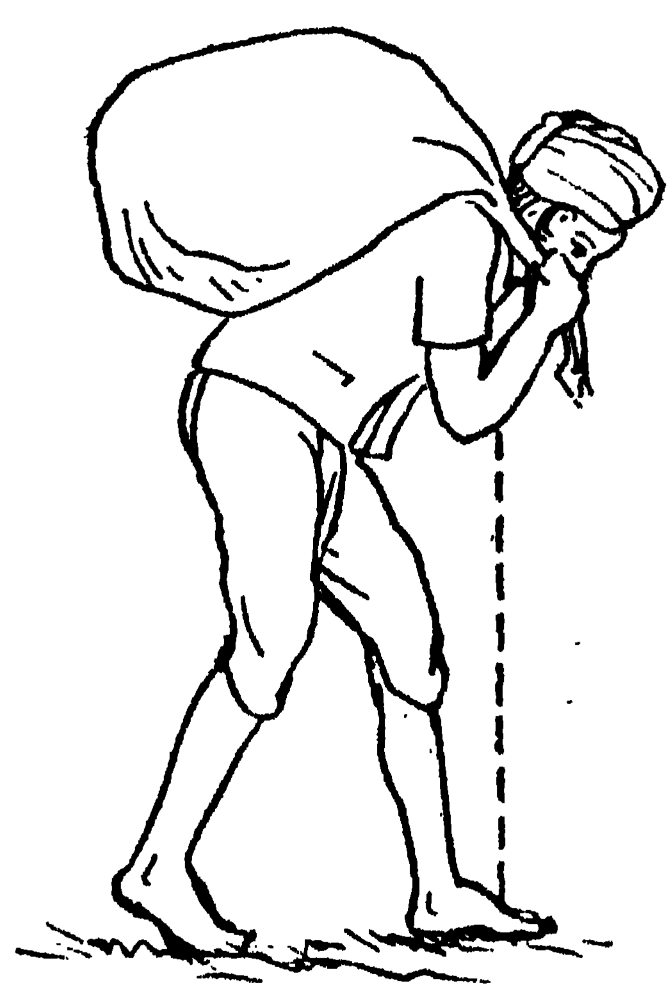


રહે છે. આકૃતિ (૧૧૯) માં બતાવ્યા મુજબ જો આંગળી વડે એ રમકડાંને સહેજ વાંકુ કરીએ તો તેનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ ઊંચે જવાથી તે પાછું અસલ સ્થિતિમાં આવી જાય છે. આમ રમકડાને માત્ર ઊભી સ્થિતિમાં જ રાખી શકાય છે. એક પેન્સિલની અંદર આકૃતિ (૧૨૦) પ્રમાણે ચપ્પુ લગાડીએ તો તેનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ નીચે આવે છે; એટલે એ પેન્સિલની અણીને એક બિંદુ ઉપર રાખવાથી સમતોલ રહેશે. દોરડાં ઉપર ચાલનાર માણસ પણ ભારે લાકડીને હાથમાં બને તેટલી નીચે પકડી રાખી પોતાનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ બને એટલું નીચે લાવે છે (આકૃતિ ૧૨૧). એટલે તેને સમતોલપણું જાળવવામાં ઘણી સગવડ પડે છે.

આકૃતિ ૧૨૨



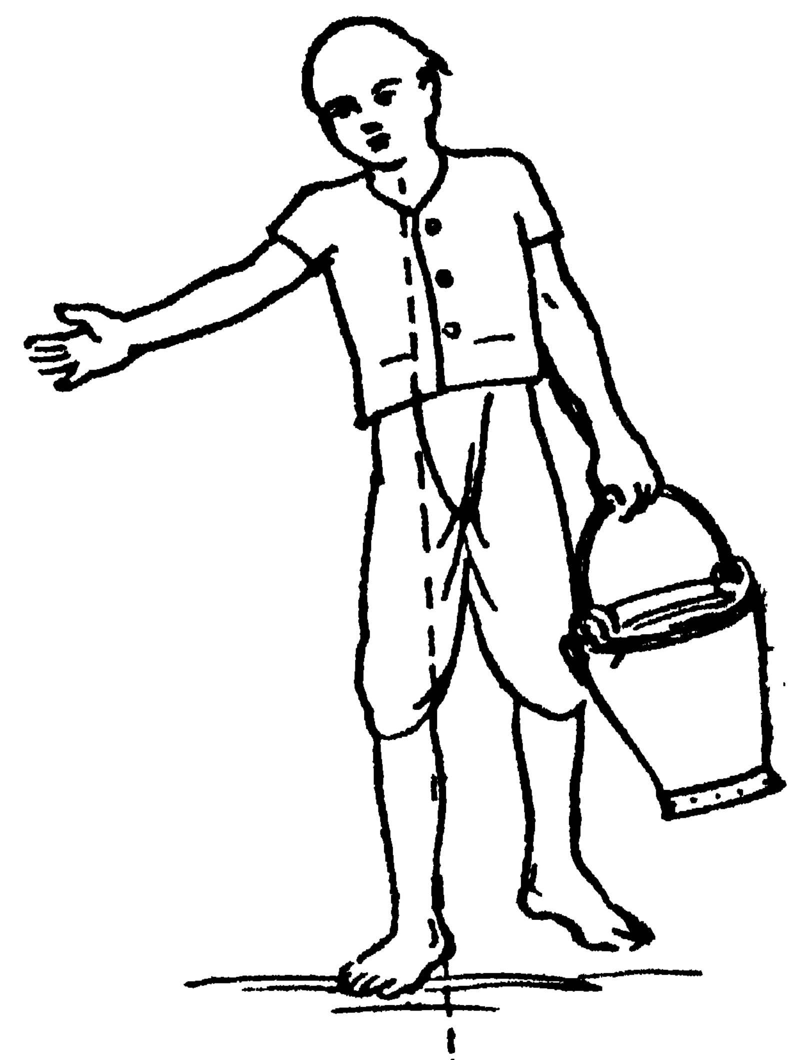
આકૃતિ ૧૨૩



આકૃતિ (૧૨૨) માં બતાવ્યા મુજબ ઢીંગલીને પણ ભારે વજન લટકાવી પગના અંગુઠા ઉપર ઉભી રાખી શકાય છે; કારણ કે એમ કરવાથી ઢીંગલીનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ પગના અંગુઠાથી નીચું જાય છે.

પીઠ ઉપર ભાર લઇ ચાલવું હોય ત્યારે આપણે આગળની બાજુ તરફ વાંકા વળવું પડે છે (આકૃતિ ૧૨૩). કારણ કે જે તરફ ભાર વધી જાય તે તરફ ગુરૂત્વ-મધ્યબિંદુ ખસે છે, એટલે સમતોલપણું રાખવા માટે હમેશાં ગુરૂત્વરેખા આપણા બે પગના પાયાની વચ્ચે રાખવી પડે છે; એટલે આપણને ઉલટી દિશામાં વાંકા વળવું પડે છે. એક હાથમાં ભાર લઇને ચાલતી વખતે પણ એજ કારણથી ઉલટી દિશામાં વાંકા વળવું પડે છે (આકૃતિ ૧૨૪).

આકૃતિ ૧૨૪



એક ગાડાંમાં ભાર ભરેલો હોય તે એક બાજુ ઢોળાવવાળા રસ્તા ઉપર ચાલે છે ત્યારે એક પૈંડું

આકૃતિ ૧૨૫



ઊંચુ થાય છે અને બીજું નીચું રહે છે. આથી ગાડું ગબડી જવાનો ભય રહે છે. આમ છતાં આકૃતિ (૧૨૫) માં બતાવ્યા મુજબ જ્યાં સુધી ગુરૂત્વરેખા બે પૈંડાની વચ્ચે પાયામાં પડતી હોય સુધી ત્યાં સુધી ગાડું ઉથલી પડતું નથી.

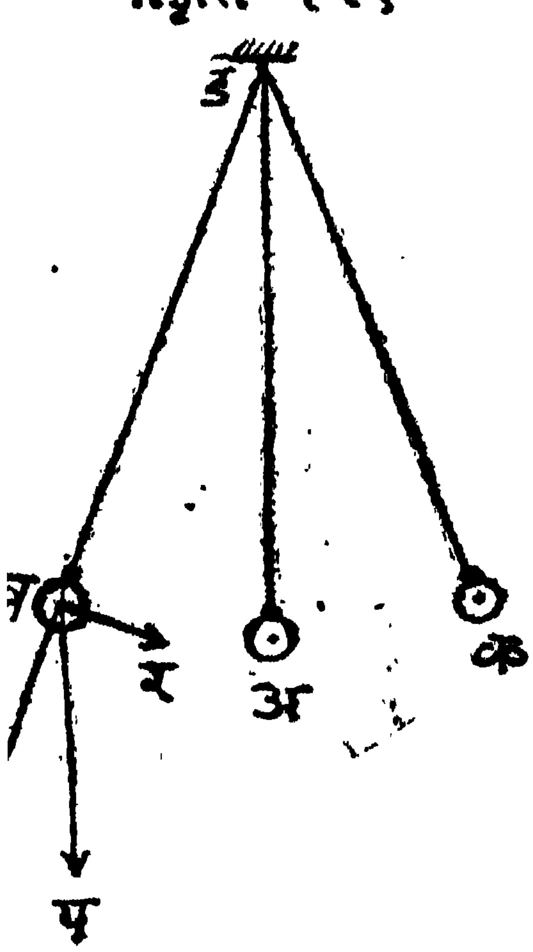
૭ શિથિલ સમતોલપણુ
Neutral
Equilibrium

લાકડાનો ઘન ગોળો લઇએ તો માલૂમ પડશે કે તે ગમે તે સ્થિતિમાં સમતોલ રહે છે. એ જ પ્રમાણે પેન્સિલ પણ જમીન ઉપર લાંબી પડી હોય તો તે ગમે તે સ્થિતિમાં સમતોલ રહે છે. આવી વસ્તુના સમતોલપણાને શિથિલ સમતોલપણું કહેવામાં આવે છે.

: લોલક
Pendulum

એક ધાતુની ગોળીને દોરીથી બાંધી લટકાવવાથી લોલક તૈયાર થાય છે. એને એક બાજુ થોડું ખેંચીને મૂકી દઇશું તો માલૂમ પડશે કે લોલકનું દરેક આંદોલન એક સરખા સમયમાં પૂરૂં થશે. આ નિયમ પ્રથમ ગૅલિલિયોએ કેવી રીતે શોધ્યો તે આગળ જોઇ ગયા છીએ.

આકૃતિ ૧૨૬



આકૃતિ (૧૨૬) માં બતાવેલું લોલક ધારો કે અ થી બ આગળ લઇ જવામાં આવે તો તેના ગોળાનો ભાર બપ (શિરોલંબ) દિશામાં બળ કરે છે. લોલકના ગોળાને દોરીથી બાંધેલો હોવાથી એ બળને બે ભાગ બર અને બય માં વિભક્ત કરવામાં આવે તો બર દિશાના બળથી એ લોલકનો ગોળો અસલ જગ્યાએ આવવા પ્રયત્ન કરશે. બય દિશાનું બળ માત્ર દોરીને તંગ રાખશે. વળી

ગોળાને अ થી व આગળ લઇ જવાથી તેનું ગુરૂત્વમધ્ય-બિંદુ ઊંચે ચઢે છે. એ હમેશાં બને તેટલું નીચે આવવા પ્રયત્ન કરે છે, એટલે ગોળો व થી अ તરફ ગતિ કરે છે. એ ગોળો अ આગળ પહોંચતાં અમુક ગતિ પ્રાપ્ત કરે છે એટલે એની ગમનશક્તિના (kinetic energy) બળે એ क સુધી જાય છે. क આગળ એની ગમનશકિતનું સંભાવ્યશકિત (potential energy)માં રૂપાંતર થાય છે અને વળી પાછો એ ગોળો નીચે પડવા માંડે છે. આવી રીતે સંભાવ્યશક્તિ અને ગમનશક્તિની આપલે થવાથી લોલકના આંદોલનો લાંબો વખત ચાલુ રહેશે. જો હવાનો અવરોધ અને ड આગળ ઘર્ષણનો અવરોધ દૂર કરીએ તો એ આંદોલનો અવિરત ચાલુ રાખી શકાય, પરંતુ હવાના અને લટકાવવાના ટેકા ड આગળના ઘર્ષણથી એ આંદોલનો નાનાં થાય છે. આમ આંદોલનો નાનાં થાય છતાં લોલકની લંબાઇ अड એકમૂલ્ય (constant) રહે ત્યાં સુધી આંદોલનનો સમય એક સરખો જ રહે છે.

લોલકના આંદોલન–સમયના નિયમો પ્રકરણ ૨ ના ૨૧ માં ફકરામાં આપવામાં આવ્યા છે.

સાર

૧. પૃથ્વી ઉપરની દરેક વસ્તુ ઊપર ગુરૂત્વાકર્ષણ બળ લાગે છે. એ બળને લીધે જ દરેક વસ્તુ આધાર ઉપરથી છૂટી થાય ત્યારે પૃથ્વીના ગુરૂત્વકેન્દ્ર (centre of gravity) તરફ ખેંચાઇ જાય છે. આ સૃષ્ટિમાં દરેક બે વસ્તુ આ ગુરૂત્વાકર્ષણના બળથી એકમેકને આકર્ષે છે.

$$\text{ગુરૂત્વાકર્ષણનું બળ} = \left(\text{ગુરૂત્વાકર્ષણનો એકમૂલ્ય આંકડો}\right) \times \frac{\text{બન્ને વસ્તુના વજનનો ગુણાકાર}}{\text{બન્ને વસ્તુનાં અંતરનો વર્ગ}}$$

૨. પૃથ્વી ઉપર દરેક વસ્તુને ગુરૂત્વાકર્ષણનું બળ દરેક સ્થિતિમાં લાગુ પડતું હોવાથી તે વસ્તુની ગતિમાં પ્રવેગ આવે છે. આ પ્રવેગને ગુરૂત્વાકર્ષણ પ્રવેગ (ग) કહેવામાં આવે છે. જો સમય स હોય તો પડતી વસ્તુએ કાપેલું અંતર = $\frac{1}{2}$ ग (स)^2
પૃથ્વીની સપાટીથી જેમ ઊંચે જઇએ તેમ આકર્ષણબળ ઓછું થાય છે અને સપાટીની નજીક આવીએ તેમ વધુ થાય છે.

૩. દરેક વસ્તુને અંગે એક એવું બિંદુ હોય છે કે જેના ઉપરથી આખી વસ્તુનો ભાર નીચે બળ કરે છે. એ બિંદુના આધાર ઉપર વસ્તુ સમતોલ રહે છે. એ બિંદુને વસ્તુનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ કહેવામાં આવે છે. એ ગુરૂત્વમધ્યબિંદુથી શિરોલંબ નીચે દોરેલી રેખાને ગુરૂત્વરેખા કહેવામાં આવે છે. નિયત આકારની એકરૂપ વસ્તુનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ તેના ભુમિતિકેન્દ્ર આગળ આવે છે. અનિયમિત આકારની વસ્તુનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ વસ્તુને બે બિંદુથી લટકાવી તે બન્ને બિંદુમાંથી શિરોલંબ દોરેલી લીટી જ્યાં છેદે છે ત્યાં આવે છે.

૪. વસ્તુનું ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ હંમેશાં બને તેટલું નીચે જવાનો યત્ન કરે છે. જે વસ્તુને સહેજ ગબડાવતાં ગુરૂત્વરેખા પાયાની બહાર જાય છે તે વસ્તુનું સમતોલપણું અસ્થિર (unstable equilibrium) છે. જેને ગબડાવતાં ગુરૂત્વરેખા હંમેશાં એકજ દિશામાં રહે છે તે વસ્તુનું સમતોલપણું શિથિલ (neutral equilibrium) છે. જેને થોડું ગબડાવતાં પણ ગુરૂત્વરેખા પાયામાં પડે તે વસ્તુનું સમતોલપણું સ્થિર (stable equilibrium) છે.

૫. લોલકના ગોળાને સ્થળાંતર કરતાં તેના ગુરૂત્વમધ્યબિંદુથી શિરોલંબ લાગતું બળ તેને પાછું અસલ સ્થિતિએ લાવવા પ્રયત્ન કરે છે; અને તે મૂળ સ્થિતિએ આવે ત્યાર પછી તેની ગમનશકિતને લીધે તે બીજી બાજુ તરફ ઊંચે જાય છે અને એ રીતે આંદોલિત થાય છે.

પ્રકરણ ૧૩

ઉષ્ણુતા

૧ ઉષ્ણુતા એટલે શું? ખબ ઠંડી પડતી હેાય ત્યારે ઘણીવાર આપણે હાથને ઘસીએ છીએ અને તેથી હાથમાં ગરમી લાગે છે. હાથના અણુ ઘસાવાને લીધે વધુ ગતિમાન થઇ જાય છે. ઘન, પ્રવાહી કે વાયુના પરમાણુ નરી આંખે ન દેખાય તેવી સૂક્ષ્મ ગતિવાળાં હેાય છે. એ ગતિમાં વધારેા થવાથી વસ્તુ ઉષ્ણુ લાગે છે અને વસ્તુમાં ઉષ્ણુતા ઉત્પન્ન થઈ એમ કહેવાય છે. ઘણા જુના વખતમાં એમ મનાતું હતું કે ઉષ્ણુતા એ પ્રવાહી રૂપે ગરમ વસ્તુમાંથી ઠંડી વસ્તુમાં વહેતું કેાઇ અદૃશ્ય દ્રવ્ય છે. આ સિદ્ધાન્ત બે વસ્તુને ઘસીને ઉત્પન્ન થતી ગરમીના પ્રયેાગથી ખેાટેા પડ્યો છે. ખરૂં જોતાં પદાર્થના અણુની ગતિમાં વધઘટ થાય છે તે પ્રમાણુમાં તેની ઉષ્ણુતા પણ વત્તીઓછી થાય છે. ઘર્ષણુથી હમેશાં ગરમી ઉત્પન્ન થાય છે એ નિર્વિવાદ વાત છે. બે બરફના ટુકડાને ઘસવાથી પણ ગરમી ઉત્પન્ન થાય છે અને તેથી બરફ ઝટ પીગળીને પ્રવાહી બને છે. લાકડું વહેરતાં કરવત ગરમ થાય છે. અસલ જ્યારે દીવાસળી નહેાતી શેાધાઇ ત્યારે લાકડાંના ટુકડાને ઘસી અગ્નિ પાડવામાં આવતેા. લેાખંડ અને ચકમક વડે હજુ પણ અગ્નિ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. ઉષ્ણુતાથી ઉત્પન્ન થતી અથવા વધુ થતી ગતિ મર્યાદિત છે અને તે ઘણુંખરૂં આંદેાલિત (oscillatory) ગતિ હેાય છે. એ ઉપરથી ખાતરી થાય છે કે ઉષ્ણુતા એક પ્રકારની શક્તિ છે. વસ્તુ ઠંડી હેાય કે ગરમ તેના પ્રમાણુમાં તેના

અણુમાં વત્તીઓછી શક્તિ રહેલી હોય છે. એટલે વસ્તુ ઠંડી લાગે તેથી તેનામાં ઉષ્ણુતાશક્તિ બિલકુલ જતી રહેતી નથી, પરંતુ આપણી શરીરની ઊષ્ણુતાના પ્રમાણુમાં તેમાં ઓછી ઉષ્ણુતા હોય છે.

૨ ઉષ્ણુતા કેટલી રીતે મળે છે?

ઉષ્ણુતા ઉત્પન્ન કરવાના મુખ્ય પ્રકારો નીચેના છે: (૧) ઘર્ષણુથી:–બે વસ્તુને ઘસતાં ગરમી ઉત્પન્ન થાય છે. (૨) રસાયણિક ક્રિયાથી:–દાખલા તરીકે દીવો બળે છે ત્યારે કેરોસીનના કાર્બન અને ઑક્સિજનનું સંયોજન થાય છે અને તે દ્વારા ગરમી ઉત્પન્ન થાય છે; ચુનાને અથવા ગંધકના તેજાબને પાણીમાં ઓગાળવાથી ગરમી ઉત્પન્ન થાય છે. (૩) વિદ્યુતથી:–વીજળીના દિવાની અંદર પાતળા તારમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ મોકલવાથી ગરમી ઉત્પન્ન થાય છે. (૪) પ્રકાશના મોજાંથી:—સૂર્યમાંથી ઉષ્ણુતા પ્રકાશના મોજાંદ્વારા મળી શકે છે. એ પ્રકારે ઉષ્ણુતા મળે એને ઉષ્ણુતાગમન (radiation) કહેવામાં આવે છે.

૩ ઉષ્ણુતાની મૂખ્ય અસર

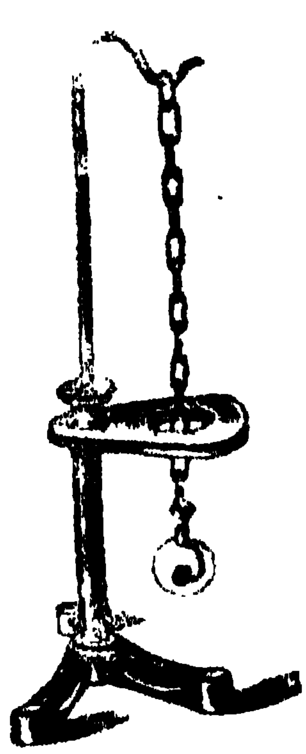
પ્રયોગ:–એક કાચના પ્યાલામાં મીણ, ઘી, બરફ વારાફરતી લઇ ગરમ કરો. તેમની સ્થિતિમાં શું ફેરફાર થાય તેની નોંધ કરો.

ઉષ્ણુતાને લીધે દરેક વસ્તુના અણુ પ્રમાણુમાં વધુ ગતિમાન થાય છે. ચાલુ ઉષ્ણુતા આપવાથી ઘન પદાર્થ પ્રવાહી રૂપમાં અને પ્રવાહી પદાર્થ વાયુરૂપ બને છે. આ બાબત ઉપલા પ્રયોગ વડે સમજાય છે. ઉષ્ણુતા મળવાથી દરેક વસ્તુનું કદ વધે છે. ઍન્ટિમની અને બિસ્મથ ધાતુના તારોને બન્ને છેડે જોડીને તેમનો એક સાંધો જો ગરમ કરવામાં આવે તો તેથી વિદ્યુત પ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે. ઉષ્ણુતાને લીધે ઘણી ખરી

રસાયણિક ક્રિયાઓ શરૂ થાય છે. દાખલા તરીકે હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન વાયુને સાથે રાખવામાં આવે તો બન્ને તેમના તેમ જ રહેશે, પરંતુ જો તેમને દીવાસળી સળગાવી લગાડવામાં આવે તો તુરત જ બન્ને વાયુની રસાયણિક ક્રિયા થઇ ધડાકા સાથે તેમનું પાણી બની જશે. આટલી સામાન્ય અસરો ઉપરાંત દ્રવ્યના ગુણધર્મોમાં ઉષ્ણુતાની અનેક જાતની અસરો થાય છે.

૪ પ્રસરણ, Expansion દરેક દ્રવ્ય ઉષ્ણુતાને લીધે કદમાં વધે છે એટલે કે કદનું પ્રસરણ થાય છે. ઘન વસ્તુમાં ખાસ કરીને લંબાઇ, પહોળાઈ અને જાડાઈ ત્રણેમાં વધારો થાય છે. લંબાઇના વધારાને રેખિક પ્રસરણ (linear expansion) કહે છે. લંબાઇ અને પહોળાઈના વધારાથી ક્ષેત્રફળમાં પ્રસરણ થાય છે અને તેને પૃષ્ઠ પ્રસરણ (superficial expansion) કહે છે. કદના વધારાને કદ પ્રસરણ volume expansion) કહે છે.

આકૃતિ ૧૨૭



પ્રયોગ (૧). આકૃતિ (૧૨૭) માં બતાવ્યા મુજબની ગ્રેવસેન્ડની વીંટી અને લોખંડનો દડો લો. દડો વીંટીમાંથી પસાર થાય છે. ગોળાને સ્પિરિટના દીવાથી અથવા બૂન્શન બર્નરથી તપાવો. ગોળો વીંટીમાંથી પસાર થતો નથી. ગોળાને ઠંડો પાડવાથી વીંટીમાંથી પસાર થશે. કારણ શું ?

(૨) : આકૃતિ (૧૨૮) માં બતાવ્યા મુજબ એક લાંબી નળીવાળો કાચનો ગોળો લો. નળીના એક છેડાને પાણીથી ભરેલા કાચના પ્યાલામાં ડુબાવો. ગોળાને બતાવ્યા મુજબ બર્નર વડે અગર દીવાથી તપાવો. કાચના પ્યાલામાંથી પરપોટા નીકળે છે. ગોળાને હવે ઠંડો

આકૃતિ ૧૨૮

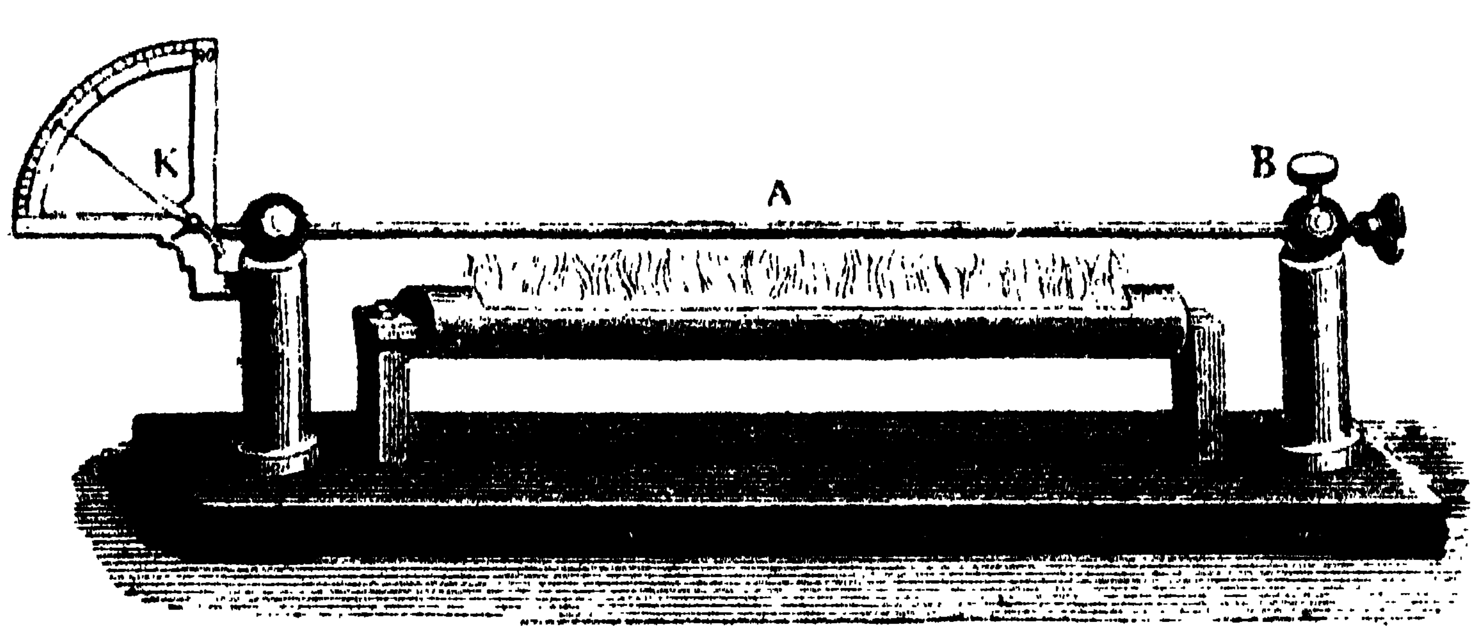


પડવા દો. ગોળાની નળીમાં પાણી દાખલ થતું લાગે છે. કારણ શું ?

(૩) : એક કાચની બરણીમાં (flask) એક બૂચ મારી તેમાંથી બારીક નાકાવાળી લાંબી નળી દાખલ કરો. નળીની મધ્યે આવે તેમ બરણીને રંગીન પાણીથી ભરો. નળી ઉપર પાણીની નોંધ થાય તેમ એક દોરો બાંધો. હવે બરણીને ગરમ પાણીમાં મૂકો. બરણીમાંની પાણીની સપાટી બારીક નળીમાં ઊંચે ચઢે છે અને બરણીને ઠંડી પાડો એટલે પાણીની સપાટી નીચે આવે છે તે શાથી?

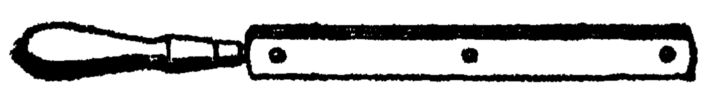
(૪) : આકૃતિ (૧૨૯) માં બતાવ્યા પ્રમાણેનું એક સાધન લો. AB ધાતુનો સળિયો છે. K એક દર્શક છે. સળિયાની નીચે સ્પિરિટથી બળે તેવો લાંબો બર્નર છે. એમાં થોડો સ્પિરિટ રેડી

આકૃતિ ૧૨૯

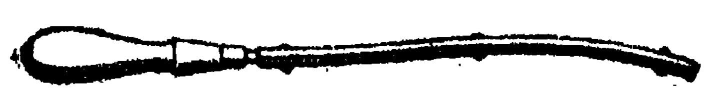


સળગાવેા. સળિયેા B આગળ ચુસ્ત રીતે જડેલેા છે, પરંતુ K તરફ છૂટા હેાવાથી તે બાજુ લંબાઇમાં વધે છે અને દર્શક K લંબાઇના વધારાને વિપૂલ (magnify) કરી બતાવે છે. જેમ જેમ સળિયેા તપતેા જાય છે તેમ દર્શક K વધુને વધુ વર્તન (deflect) થાય છે. એ ઉપરથી શું અનુમાન બાંધેા છેા ?

આકૃતિ ૧૩૦



(૧)



(૨)

(૫) : આકૃતિ (૧૩૦) માં બતાવ્યા મુજબ તાંબા અને પિત્તળની બે સરખી લંબાઇની પટીને બેત્રણ ઠેકાણે ખીલી મારી જડી દેા. હવે પટીને તપાવેા. પટી વાંકી વળે છે. તાંબાનેા ભાગ બહાર રહે છે અને પિત્તળની બાજુએ પટી વળે છે. કારણ શું ?

(૬) : એક લાંબી ડેાકવાળી કાચની બરણી લેા. તેની ડેાકમાં એક જગ્યાએ દેારી બાંધી નિશાની કરેા. એમાં પ્રથમ દેારીની સપાટી સુધી આવે તેટલું પાણી ભરેા અને બરણીને સાધારણ ગરમ પાણીમાં મૂકેા. પાણીની ઊંચે ચઢેલી સપાટીની નેાંધ કરેા. હવે તે જ બરણીને ઠંડી પાડી ફરીથી કેરેાસીન, તેલ, ગ્લિસરિન વગેરે વારાફરતી ભરીને ઉપરનેા પ્રયેાગ કરેા. બધાં પ્રવાહીના કદનેા વધારેા સરખેા છે કે જુદેા તેની નેાંધ કરેા.

ઉપરના પ્રયેાગ (૧), (૨) અને (૩) ઉપરથી સમજાય છે કે ઘન, પ્રવાહી અને વાયુ એ ત્રણેને ગરમ કરતાં તેમના કદ વિસ્તૃત થાય છે. આ કારણથી પ્રયેાગ (૧) માં ગરમ કરેલેા ગેાળેા વિંટીમાંથી પસાર થતેા નથી, પરંતુ ઠંડેા પડવાથી પસાર થાય છે. લુહાર પૈંડા ઉપર વાટ ચઢાવે ત્યારે પણ આજ ગુણનેા ઉપયેાગ કરે છે. પ્રથમ વાટને પૈંડાથી સહેજ નાની રાખી ગરમ કરે છે એટલે તે વિસ્તાર પામે છે એટલે પૈડાં ઉપર ચઢે છે. હવે વાટ

ઉપર પાણી રેડી ઠંડી પાડવાથી તે સંકોચાય છે અને પૈંડાને ચુસ્ત જકડી લે છે.

પ્રયોગ (૪) માં ઘન વસ્તુની લંબાઇમાં ગરમીથી થતો વધારો માલૂમ પડે છે. એ જ કારણથી રેલ્વેના બે પાટા વચ્ચે પણ થોડી જગ્યા રાખવામાં આવે છે કારણ કે ઊનાળામાં દિવસે ખબ ગરમી પડે અને રાત્રે ઠંડી હોય છે. આથી પાટાની લંબાઇમાં વધઘટ થાય છે. હિંદુસ્તાનના ઉત્તરે આવેલા પ્રદેશોમાં દિવસના અને રાત્રેના ટેમ્પરેચરમાં બહુ ફેર પડે છે. જો બે પાટાની વચ્ચે વધુ જગ્યા ન રાખી હોય તો લંબાઇમાં વધારો થવાથી પાટા વાંકા વળી જાય છે.

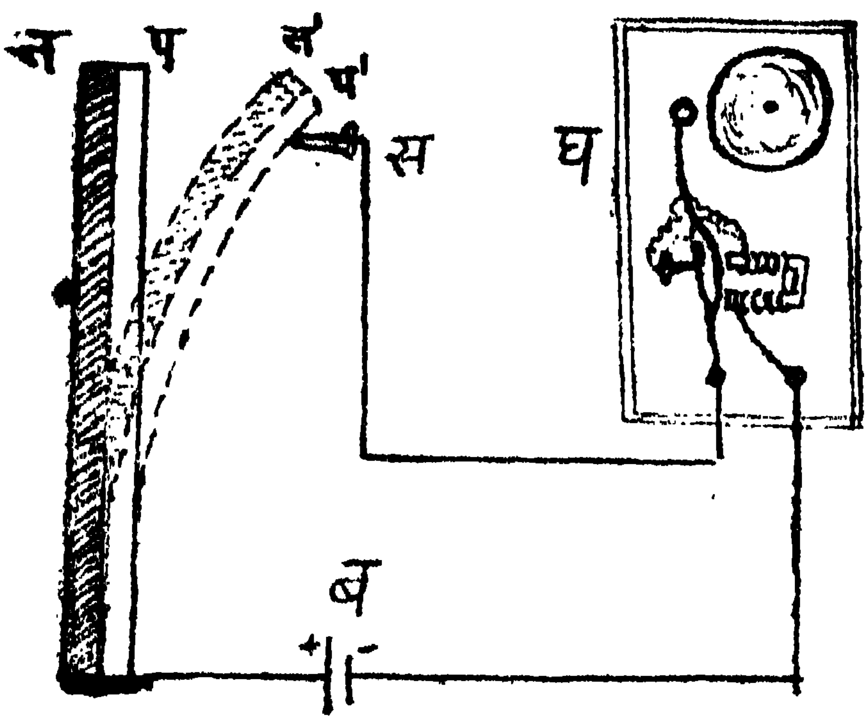
પ્રયોગ (૨) અને (૩) માંથી ગરમી આપવાથી વાયુ અને પ્રવાહી કદમાં વિસ્તાર પામે છે તે જણાય છે. આ ગુણનો ઉપયોગ વાયુના અને પ્રવાહીના થર્મોમિટર બનાવવામાં થાય છે તે પાછળ જોઇશું.

પ્રયોગ (૪) અને (૫) માંથી સમજાય છે કે જુદી જુદી વસ્તુને ગરમ કરતાં તેમની લંબાઇમાં એકસરખો વધારો થતો નથી. પ્રયોગ (૫)માં તાંબાની પટી વધુ વિસ્તાર પામે છે એટલે આખી પટી પિત્તળવાળી બાજુ તરફ વાંકી વળે છે.

પ્રયોગ (૬) માંથી સમજાય છે કે જુદાં જુદાં પ્રવાહી પણ સરખાં ગરમ કરવાથી એકસરખાં વિસ્તૃત થતાં નથી.

આગની વખતે આપોઆપ ઍલાર્મ (ભયસૂચન) આપે તેવી રચના બે ધાતુની પટી વડે થઈ શકે છે. બાજુની આકૃતિ (૧૩૧) માં બતાવ્યા પ્રમાણે જો તાંબા (ત) અને પિત્તળ (પ) ની પટી આગ વડે ઉષ્ણ થાય તો તેથી આકૃતિમાં બતાવ્યા મુજબ

આકૃતિ ૧૩૧



અગ્નિસૂચક fire-alarm.

વાંકી વળે છે. જ્યારે ટપકાંવાળી સ્થિતિમાં પટી સ્ક્રૂને અડકે એટલે વિદ્યુતનો પ્રવાહ બૅટરી ब માંથી નીકળી પટીદ્વારા સ્ક્રૂ (स) માં દાખલ થઈ વિજળીક ઘંટી ઘ ને વગાડે છે. જ્યારે પટી ઠંડી પડે છે ત્યારે પાછી અસલ સ્થિતિમાં આવી જાય છે અને વિદ્યુત પ્રવાહને તોડી નાંખે છે.

રબરના બલૂનને હવા ભરી તાપમાં લઇ જઇએ તો તે ફાટી જાય છે, કારણ કે હવા ગરમ થતાં વિસ્તાર પામે છે. એવાજ કારણથી સાઇકલના અને મોટરની રબરની નળીમાંની હવા ઉષ્ણ થતાં નળીને ફાડી નાંખે છે. ઘણીવાર મોટર ખૂબ ઝડપથી હંકારાતી હોય તો ઘર્ષણથી ઉત્પન થતી ગરમીને લીધે ટાયરમાંની હવાથી ભરેલી નળી ફાટી જાય છે.

આકૃતિ (૧૩૨) માં વાયુના વિસ્તારને સાદા પ્રયોગ વડે દર્શાવવાનું સાધન બતાવવામાં આવ્યું છે. બે કાચના બંધ

આકૃતિ ૧૩૨



ગોળાને એક નળીવાટે જોડેલા છે અને તેમાંથી હવા કાઢી લઇ થોડું ઇથર જેવું ઓછાં ટેમ્પરેચરે ઊકળે અને વાયુરૂપ થઇ જાય તેવું પ્રવાહી રાખેલું છે. એમાંના એક

ગોળાને આપણા હાથમાં પકડીએ તો હાથની ગરમીથી પ્રવાહી તુરતજ વાયુરૂપ બનવા માંડે છે; અને તે વાયુ વિસ્તાર પામવાથી હાથે પકડેલા ગોળામાંથી પ્રવાહી બીજા ગોળામાં ચાલી જશે. એ ગોળો છોડી દઈ બીજો ગોળો હાથમાં પકડીશું તો વળી પાછું એ બાજુથી પ્રવાહી બીજી બાજુ દોડી જશે.

૫ રેખિક પ્રસરણાંક Co-efficient of linear expansion આગળ કહ્યું છે તેમ જુદી જુદી જાતની સરખી વસ્તુને એકસરખી ઉષ્ણ કરીએ તો તેમની લંબાઇમાં વત્તોઓછો વધારો થાય છે. એક જ જાતની વસ્તુમાં એક સરખો પ્રમાણમાં વધારો થાય છે; અને જેમ વસ્તુની લંબાઇ અને ઉષ્ણતા વધે તેમ લંબાઈનો વધારો પણ વિશેષ થાય છે. જુદી જુદી વસ્તુનું પ્રસરણ સરખાવવા પ્રસરણાંક કાઢવામાં આવે છે.

એક સેમિ. લંબાઈની એક વસ્તુનું ટેમ્પરેચર (temperature) એક ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડ વધારવામાં આવે તેથી લંબાઇમાં જે વધારો થાય તેને રેખિક પ્રસરણાંક (co-efficient of linear expansion) કહેવામાં આવે છે.

એક વસ્તુની લંબાઈ $લ_1$ હોય અને તેનું ટેમ્પરેચર $ટ_1$ ડિગ્રીથી $ટ_2$ ડિગ્રી સુધી વધાર્યું હોય અને લંબાઇ $લ_2$ થઇ હોય તો રેખિક પ્રસરણાંક નીચે મુજબ શોધાય છે.

$$\text{લંબાઇનો વધારો} = લ_2 - લ_1$$

$$\left.\begin{array}{c}\text{એક સેમિ. લાંબી વસ્તુ}\\ \text{લંબાઈમાં વધારો}\end{array}\right\} = \frac{લ_2 - લ_1}{લ_1}$$

$$\text{ટેમ્પરેચરમાં વધારો} = ટ_2 - ટ_1$$

$$\left.\begin{array}{c}\text{એક સેમિ.માં એક ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડ}\\ \text{ના વધારા માટે લંબાઈમાં વધારો}\end{array}\right\} = \frac{લ_2 - લ_1}{લ_1 (ટ_2 - ટ_1)}$$

$$\text{રેખિક પ્રસરણાંક} = \frac{લ_2 - લ_1}{લ_1 (ટ_2 - ટ_1)}$$

એ જ પ્રમાણે ક્ષેત્રફળ અને ઘનફળનો પ્રસરણાંક કાઢવામાં આવે છે. ઘન વસ્તુનો કદ પ્રસરણાંક કરતાં આશરે ત્રણગણો હોય છે.

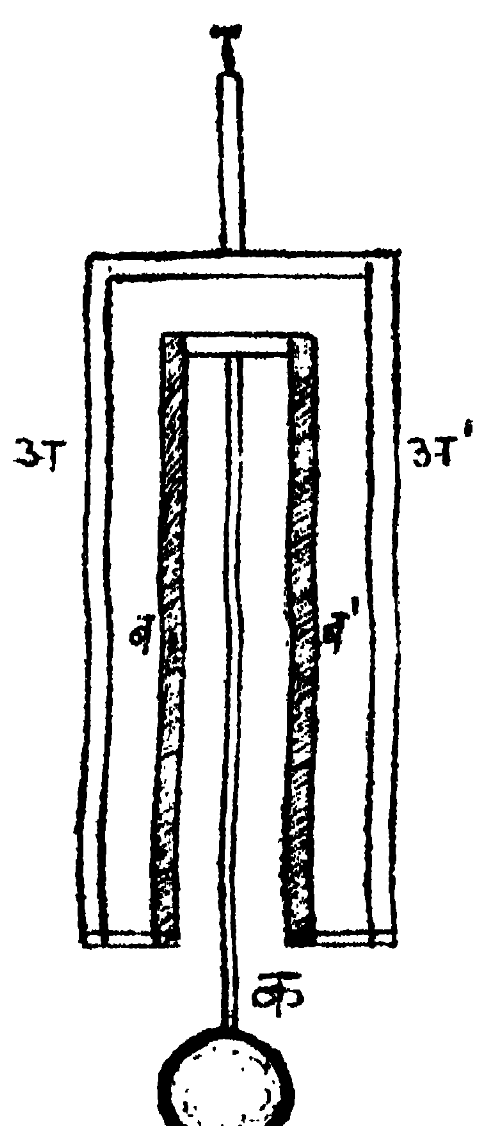
“ એક ડિગ્રી ટેમ્પરેચર વધવાથી એક ચોરસ સેમિ. ક્ષેત્ર-ફળમાં થયેલો વધારો અથવા એક ઘન સેમિ. કદમાં થયેલો વધારો અનુક્રમે ક્ષેત્રફળ અથવા ઘનફળનો પ્રસરણાંક કહેવાય છે. ”

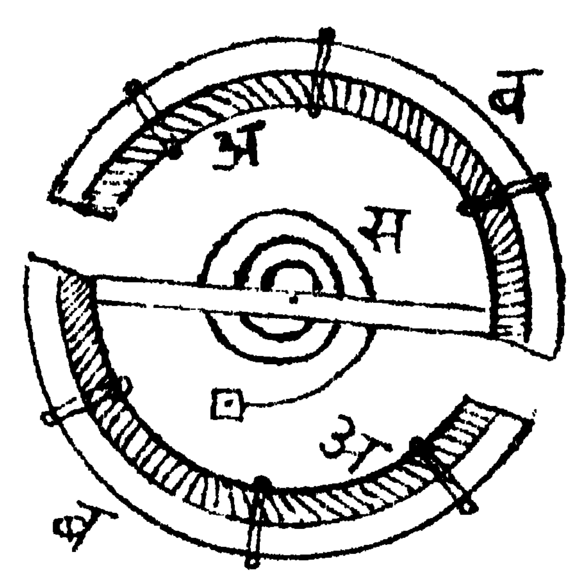
પ્રવાહી અને વાયુ માટે કદનો વધારો જ માપી શકાય છે. પ્રવાહીના કદનો પ્રસરણાંક માપવા માટે પ્રવાહીને પ્રયોગ (૬) માં બતાવ્યા મુજબ એક પાતળા કાચની શીશીમાં ભરવામાં આવે છે. એ શીશીની અંદર દાખલ કરેલી નળીની ઉપર કદમાપના આંક પાડેલા હોય છે. એવી શીશીને એકાએક ગરમ કરતાં પ્રથમ પ્રવાહીનું કદ વધવાને બદલે સહેજ ઘટેલું માલૂમ પડશે; કારણ કે શીશીને આપેલી ગરમી પ્રથમ તેના કાચને લાગતાં શીશીનું કદ મોટું થાય છે અને તેથી પ્રવાહીની સપાટી પ્રથમ નીચે આવે છે. વધુવાર ગરમી આપતાં પ્રવાહીને ગરમી લાગે છે અને તે પ્રમાણમાં વધુ વિસ્તાર પામે છે એટલે તેનું કદ વધેલું માલૂમ પડે છે. આમ પ્રવાહીની સપાટીના ફેર ઉપરથી દેખીતો (apparent) વધારો કાઢી શકાશે. જો પ્રવાહીના ચોખ્ખો (absolute) વધારો માપવો હોય તો શીશીનાં કદમાં થયેલો વધારો શોધી કાઢીને તે ઉપરથી પ્રવાહીનું કુલ કદ કેટલું વધ્યું તે શોધી કાઢવામાં આવે છે.

૬ પ્રસરણની અસર જો ઘડિયાળના લોલક ધાતુના હોય તો ઉષ્ણુતાના ફેરફારથી તેમની લંબાઈમાં વધઘટ થાય છે. આગળ બતાવ્યું તેમ જો લોલકની લંબાઈ વધે તો ઘડિયાળ ધીમું પડે છે, અને લંબાઇ ઘટે તો ઘડિયાળ ઝડપી બને છે. હવામાનની ઉષ્ણુતાના ફેરફારથી ટૅમ્પરેચરમાં વધઘટ થાય છે અને તેથી ઘડિયાળના લોલકની લંબાઇમાં પણ વધઘટ થાય છે. આમ વારંવાર ઘડિયાળના લોલકની લંબાઇમાં ફેરફાર થાય તોપણ ઘડિયાળ ચોક્કસ વખત બતાવે તે માટે કેટલીક યોજના વડે લંબાઇની વધઘટ આપોઆપ સમતોલ થાય તેવી રચના કરવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૧૩૩

(૧) (૨)





આકૃતિ (૧૩૩ '૧')માં સમતોલ લોલક (compensated pendulum) બતાવ્યો છે જ્યારે આકૃતિ (૧૩૩ '૨')માં નાના

ઘડિયાળનું સમતોલ ચક્ર બતાવ્યું છે.

આકૃતિ (૧૩૩ '૧') માં લોલકના દડાને એક સળિયા क વડે ब અને ब' સળિયા સાથે જડેલો છે, અને ब ને ब' સળિયાને अ અને अ' સાથે જોડેલા છે. अ, क અને अ' એક જ ધાતુના છે. અને ब ને ब' બીજી વધારે પ્રસરણાંકવાળી ધાતુના છે. ઉષ્ણતાથી अ, क ને अ' નીચે વધે છે, જ્યારે ब ને ब' પ્રસરણને લીધે ઊંચે વધે છે અને આ બંન્નેના ઉલટી દિશાના વધારાના લીધે લોલકનો ગોળો એક જ બિંદુએ રહે છે. આકૃતિ (૧૩૩ '૨') માં બતાવેલું ચક્ર નાના ઘડિયાળમાં વપરાય છે અને ઉષ્ણતાથી એનો વ્યાસ (diameter) વધે નહિ તેટલા માટે अ અને ब ધાતુથી જોડેલું ચક્ર બનાવેલું હોય છે ब નો પ્રસરણાંક વધુ હોવાથી ઉષ્ણતાને લીધે ગોળ પટી વધુ વાંકી થાય છે અને ચક્રનો વ્યાસ તેટલો જ રહે છે. જો વ્યાસમાં વધઘટ થાય તો એ ચક્રના આંદોલન સમયમાં પણ ફેર પડે છે.

૭ એકાએક ગરમ થવાનાં પરિણામ

એકાદ કાચનું લાંબુ જામ લઇ તેમાં એકદમ ગરમ પાણી રેડીએ તો તે તૂટી જાય છે; કારણ કે જેટલા ભાગમાં ગરમ પાણી પડે છે તેટલો ભાગ એકાએક ઉષ્ણ થવાથી વિસ્તાર પામે છે, જ્યારે બીજો ઠંડો ભાગ તેવડો જ રહે છે. આથી સાધારણ કાચના વાસણમાં પાણી રેડતાં પહેલાં બહુ સંભાળ રાખવી પડે છે. ફાનસની ગરમ ચિમની ઉપર પાણીના છાંટા પડતાં ઘણીવાર તે ફૂટી જાય છે તેનું કારણ પણ આજ છે. જેનો પ્રસરણાંક બહુ ઓછો હોય તેવી જાતના કાચ પણ આવે છે અને તેમાં ગરમ પાણી રેડવાથી તૂટી જતા નથી. કાચની બારીઓ અને ચશ્માના કાચ પણ જો ગરમીથી વિસ્તાર ન

પામતાં હોય તેવા ચોકઠામાં બેસાડવામાં આવે તો તૂટી જવાનો સંભવ રહે છે, કારણ કે કાચને વિસ્તૃત થવાની જગ્યા મળતી નથી.

૮ ઘન પ્રવાહી અને વાયુનું પ્રસરણ એકજ સરખા કદના ઘન, પ્રવાહી અને વાયુ લઇને અને તેમનો ટેમ્પરેચર-માં એકસરખો વધારો કરવામાં આવે તો માલૂમ પડશે કે વાયુ સૌથી વધુ વિસ્તાર પામે છે, પ્રવાહી તેથી ઓછું વિસ્તાર પામે છે અને ઘન વસ્તુ સૈાથી ઓછું વિસ્તાર પામે છે. દાખલા તરીકે ૫૦ લાખ ઘનફૂટ લોખંડ, તેટલો જ પારો અને તેટલોજ વાયુ લઇએ અને સર્વનું ટેમ્પરેચર ૧° સે. વધારીએ તો તેમના કદમાં અનુક્રમે આશરે નીચે પ્રમાણે વધારો થશે. લોખંડના કદમાં ૧૮૦ ઘન ફૂટનો, પારાના કદમાં ૯૦૦ ઘન ફૂટનો અને વાયુનાં કદમાં ૧૮૦૦ ઘન ફૂટનો. આ ઉપરથી ચોખ્ખું દેખાઇ આવે છે કે ઉષ્ણતાને લીધે વાયુનું સૈાથી વધુ પ્રસરણ થાય છે. સામાન્ય નિયમ પ્રમાણે એક વસ્તુ ઘન હોય છે ત્યારે તેનું કદ નાનું હોય છે; એને ગરમ કરતાં એ પીગળીને પ્રવાહી થાય છે ત્યારે એનું કદ વધે છે; અને પ્રવાહીને લાંબો વખત ગરમ કરવાથી એ વાયુરૂપ થાય છે અને કદ એકદમ વધી જાય છે. આમ છતાં પાણીના ત્રણ સ્વરૂપમાં કંઇક અંશે આ નિયમમાં અપવાદ આવે છે, તે આપણે આગળ જોઇશું. વસ્તુનું કદ ઉષ્ણતાને લીધે વધે છે, પરંતુ તેના વજનમાં વધારો ન થતો હોવાથી વસ્તુની ઘનતા ઓછી થાય છે. ઘન, પ્રવાહી કે વાયુમય સ્થિતિમાં પણ આ રીતે ઉષ્ણતા વધવાથી દ્રવ્યની ઘનતા ઓછી થાય છે. ઠંડા પાણીમાં કાળજી પુર્વક ગરમ પાણી ધીમેથી રેડીએ તો ગરમ પાણી ઉપર

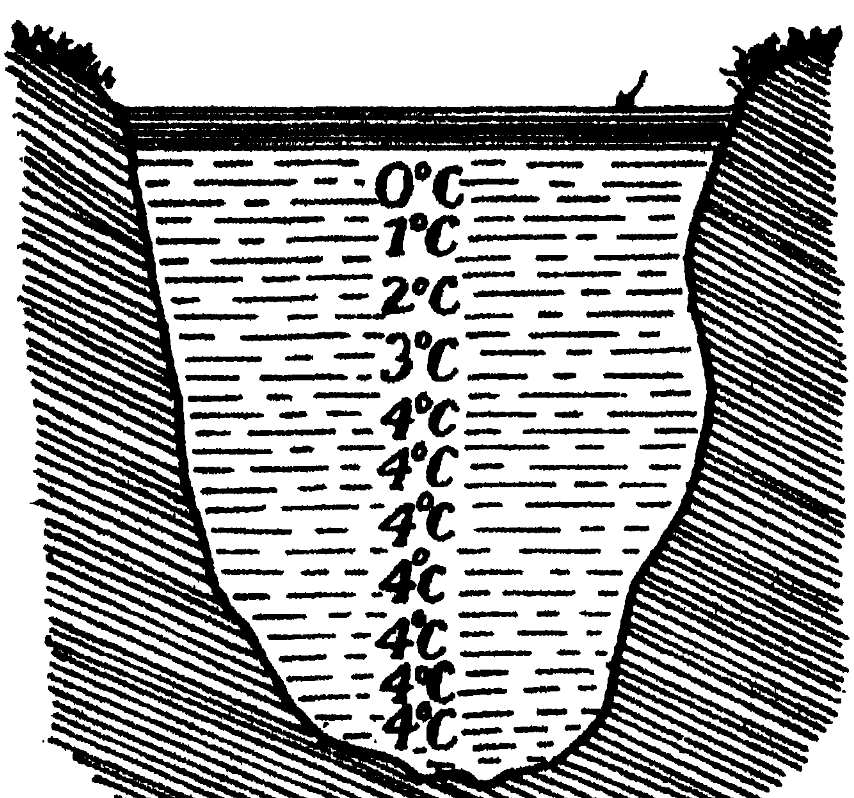
રહે છે અને ઠંડું પાણી નીચે રહે છે. વાતાવરણમાં પણ ગરમીની ઋતુમાં દિવસે પૃથ્વીની સપાટી ઉપરની હવા સમુદ્રની સપાટી કરતાં પ્રમાણમાં વધુ ઉષ્ણ થાય છે. આથી જમીનની સપાટીની હવા હલકી બને છે અને ઊંચે ચઢે છે. તેની જગ્યા લેવા સમુદ્રની ઠંડી અને ભારે હવા જમીન તરફ સાંજરે વાય છે. રાત્રે જમીન જલદી ઠંડી પડી જાય છે, પણ સમુદ્ર તેટલો ઠંડો પડી જતો નથી એટલે જમીનની હવા ભારે હોવાથી સમુદ્ર તરફ ધસે છે. આ જાતના દિનરાત બદલાતા હવાના પ્રવાહો સમુદ્રથી ૨૫ માઇલ દૂર સુધીજ માલૂમ પડે છે.

૯ પાણીના કદમાં ફેરફાર

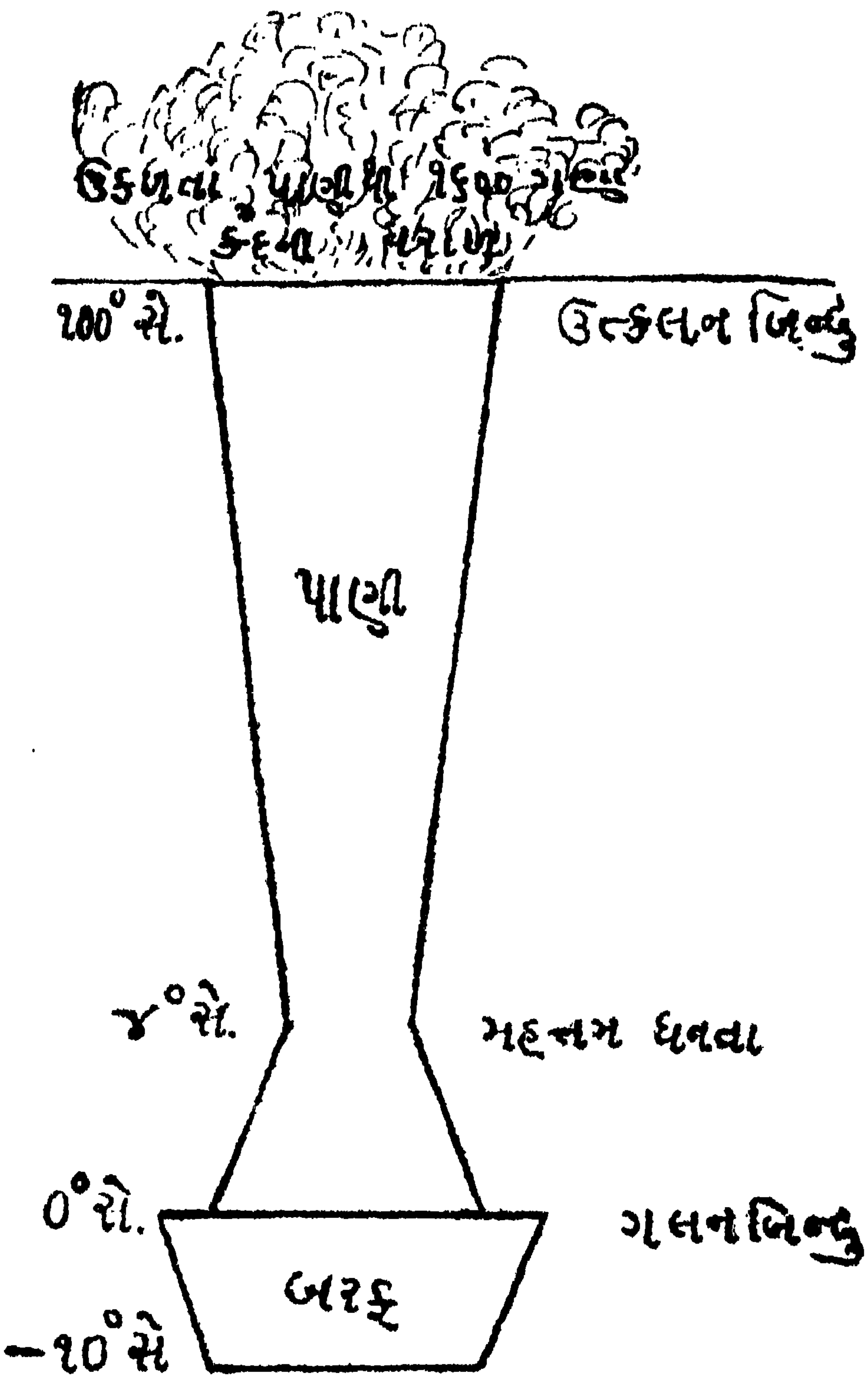
પાણીના ત્રણ સ્વરૂપો જાણીતાં છે: ઘનરૂપમાં બરફ, પ્રવાહીરૂપમાં પાણી અને વાયુરૂપમાં વરાળ. ઘણુંખરું બરફનું શૂન્ય ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડ ટેમ્પરેચર હોય છે. પરંતુ એથી ઓછું ટેમ્પરેચર પણ હોઇ શકે છે. એટલે બરફને ૦° સે.થી ઓછાં ટેમ્પરેચરને લઇ જઇએ તો તેનું કદ ઘટે છે અને ઘનતા વધે છે. ધારો કે બરફ શૂન્યથી ૧૦ ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડ નીચે છે, અને તેને ઉષ્ણુતા આપવામાં આવે તો તેની ઘનતા ઘટતી જશે અને કદ વધતું જશે. શૂન્ય ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડે પહોંચ્યા પછી બરફનું પાણી થશે પરંતુ અહિં શૂન્ય ડિગ્રીના પાણીનું કદ શૂન્ય ડિગ્રીના બરફથી ઓછું થશે. બીજી બધી વસ્તુ કરતાં આ ઘટના વિચિત્ર છે. ઘનને પ્રવાહી કરવામાં આવે તો ઘન કરતાં પ્રવાહીનું કદ હંમેશાં વધુ હોય છે, પરંતુ બરફને શૂન્ય ડિગ્રીએ પાણી બનાવીએ તો પાણીનું કદ બરફથી ઓછું થાય છે. આથી બરફની ઘનતા પાણીની ઘનતાથી ઓછી જ રહે છે અને શૂન્ય ડિગ્રીના પાણીમાં બરફ મૂકીએ તો બરફ તરતું રહે છે.

શૂન્ય ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડથી પણુ પાણીને ગરમ કરીએ તો તેવી જ વિચિત્રતા માલૂમ પડે છે. પાણીને ચાર ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડ સુધી ગરમ કરીએ ત્યાં સુધી તેનું કદ વધવાને બદલે ઘટે છે અને ચાર ડિગ્રીથી વિશેષ ગરમ કરીએ તો જ તેનું કદ પાછું વધવા માંડે છે. આમ ચાર ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડ ટેમ્પરેચરે પાણીનું કદ તદ્દન ઓછું છે, અને તેથી એ ટેમ્પરેચરે એની ઘનતા સૌથી વધુ હોય છે. આ રીતે બરફ ઘન હોવા છતાં પાણી ઉપર તરે છે તેનું કારણુ સમજાય છે. બરફની ઘનતા પાણીની ઘનતા કરતાં સહેજ ઓછી છે. ચાર ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડે પાણી મહત્તમ ઘનતાવાળું હોય છે, એટલે એક કાચની બરણીમાં પાણી અને બરફનો ભૂકો ભેગો કરી નાંખીને થોડીવાર પછી છેક તળિયાંના પાણીનું ટેમ્પરેચર જોઈશું તો તે ચાર ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડનું માલૂમ પડશે; કારણુ કે એ પાણી વધુમાં વધુ ભારે હોય છે. ઠંડા પ્રદેશોમાં સમુદ્રમાં પણુ બરફ જામી જાય છે, ત્યાં પણુ બરફ હલકો હોવાથી સમુદ્રની સપાટી ઉપર જ બાઝે છે ને તરતો રહે છે. સમુદ્રના તળિયાંમાં મહત્તમ ઘનતાવાળું પાણી એટલે કે ચાર ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડ ટેમ્પરેચરનું પાણી રહે છે. આકૃતિ (૧૩૪)માં સમુદ્રની સપાટી ઉપર બરફ કેવી રીતે બાઝે છે અને નીચેના પાણીનું ટેમ્પરેચર તળિયાં સુધી કેમ બદલાય છે તે બતાવવામાં આવ્યું છે. જો

આકૃતિ ૧૩૪



આકૃતિ ૧૩૫



બરફ પાણીથી ભારે હોત તો સમુદ્રના તળિયાંમાં સદાને માટે બરફ જામેલું રહેત અને માત્ર સપાટીનું પાણી વારંવાર ઠરી કે પીગળી જાત.

બાજુની આકૃતિ (૧૩૫) માં પાણીના કદના ફેરફારો કેવી રીતે થાય છે તે બતાવવામાં આવ્યું છે. –૧૦° સેન્ટિગ્રેડથી 0° સેન્ટિગ્રેડ સુધી બરફનું કદ વધે છે. 0° સેન્ટિગ્રેડે બરફનું પાણી થતાં કદમાં એકદમ ઘટાડો થાય છે અને ૪° સે. સુધી કદ ઘટે છે. ત્યાર પછી વધુ ગરમ કરતાં કદ ધીમે ધીમે વધે છે. ૧૦૦° સે. પાણીની વરાળ બને છે. અને વરાળનું કદ પાણીથી ૧૬૦૦ ગણુ વધી જાય છે.

પાણી અને બરફના શૂન્ય ડિગ્રી ટેમ્પરેચર આગળના કદના જે એકાએક ફેરફાર થાય છે તેથી કેટલીક વાર પ્રચંડ બળ પણ પેદા થઈ શકે છે. ઠંડા પ્રદેશોમાં પર્વતો ઉપર બરફ બંધાય છે ત્યાં પથ્થરની ફાટમાં પાણી ભરાયેલું હોય તેનું બરફ થવાથી કદમાં વધારો થાય છે અને પથ્થર તુટી જાય છે. એજ પ્રમાણે ઘણીવાર ઠંડા દેશના પાણીના નળોમાં એકાએક

પાણીનું બરફ થઇ જવાથી કદમાં વધારો થાય છે અને તે નળને ફાડી નાંખે છે.

કેટલીક વસ્તુના પ્રસરણાંક નીચે બતાવ્યા છેઃ—

રેખિક પ્રસરણાંક :–એ સેંમિ. લાંબા ટૂકડાની લંબાઇમાં ૧°સે. ઉષ્ણ કરતાં થતો વધારો (સેમિ.માં)		કદ પ્રસરણાંક :–એક ઘન સેમિ. ને ૧°સે. ઉષ્ણ કરતાં કદમાં થતો વધારો (સેંમિ.માં)	
'ઇન્વાર' લોખંડ	૦·૦૦૦૦૦૦૯	આલ્કૉહૉલ ...	૦·૦૦૧૧૨
કાચ સાદો ...	૦·૦૦૦૦૦૯૦	ગ્લિસરિન ...	૦·૦૦૦૫૦
કાચ પાઇરેક્સ...	૦·૦૦૦૦૦૩૦	પારો	૦·૦૦૦૧૮
લોખંડ	૦·૦૦૦૦૧૨૦	પાણી	૦·૦૦૦૩૦
ત્રાંબું	૦·૦૦૦૦૧૭૦	વાયુ	૦·૦૦૩૬૬
પિત્તળ	૦·૦૦૦૦૧૯૦		
એલ્યુમિનિઅમ	૦·૦૦૦૦૨૩૦		

સાર

૧. ઉષ્ણતા એટલે પદાર્થના અણુની ગમનશકિત (kinetic energy) ની અવસ્થા. જે પદાર્થ વધુ ઉષ્ણ હોય તેના અણુની ગમનશકિત વધુ અને ઠંડા હોય તેની ઓછી.

૨. ઉષ્ણતા ઘર્ષણથી, રસાયણિક ક્રિયાથી, વિદ્યુતથી અને પ્રકાશ વડે મળે છે. દા. ત. :–ચકમક વડે ઘર્ષણથી, સલ્ફયુરિક એસિડને પાણીમાં ઓગળવાથી રસાયણિક ક્રિયા વડે, પાતળા તારમાંથી વિદ્યુત પસાર કરવાથી અને સૂર્યમાંથી પ્રકાશ વડે ઉષ્ણતા પેદા થાય છે.

૩. ઉષ્ણતા વધારવાથી દરેક પદાર્થ ઘણે ભાગે વિસ્તૃત થાય છે. દા. તઃ–પૈંડા ઉપર ઠંડી વાટ ચઢતી નથી, પરંતુ ગરમ કરવાથી

વિસ્તૃત થઇ ઉપર ચઢે છે અને સંકોચાવાથી લાકડાંના પૈંડાને ચુસ્ત જકડી લે છે. ઘન, પ્રવાહી અને વાયુ ત્રણેને ઉષ્ણતા મળવાથી વિસ્તૃત થાય છે. ગરમી આપવાથી બરફનું પાણી થાય છે અને ૪° સે. સુધી પહોંચે ત્યાં સુધી પાણીનું કદ વધવાને બદલે ઘટે છે. આ એક અપવાદ રૂપ છે. ૪° સે. પછી પાણીનું કદ ઉષ્ણતા આપવાથી વધે છે. ઉષ્ણતાથી ઘન વસ્તુના કદ કે લંબાઇમાં વધારો થાય તે ઘટનાને અગ્નિસૂચક, સમતોલ લોલક, ગાડીના પાટાની વચ્ચે રાખવામાં આવતી ખાલી જગા વગેરે બાબતમાં થાય છે. પ્રવાહીના કદ પ્રસરણનો ઉપયોગ થર્મોમિટર બનાવવામાં થાય છે. ઉષ્ણતા વધવાથી ઘન વસ્તુનું પ્રસરણ ઓછું થાય છે, પ્રવાહીનું તેથી વધુ થાય છે અને વાયુનું સૌથી વધુ થાય છે.

૪. એક સેન્ટિમિટર લંબાઇની એક વસ્તુનું ટેમ્પરેચર ૧°સે. વધારવામાં આવે તેથી લંબાઇમાં જે વધારો થાય તેને રેખિક પ્રસરણાંક (co-efficient of linear expansion) કહેવામાં આવે છે. એજ પ્રમાણે ૧°સે. ટેમ્પરચર વધવાથી એક ચોરસ સેમિ. સપાટીના પૃષ્ઠના ક્ષેત્રફળનો વધારો અથવા એક ઘન સેમિ. કદના પદાર્થના કદમાં થયેલા વધારાને અનુક્રમે પૃષ્ઠ પ્રસરણાંક અને ઘન (કદ) પ્રસરણાંક કહેવામાં આવે છે.

$$\text{રેખિક પ્રસરણાંક} = \frac{\text{વસ્તુની લંબાઇનો વધારો}}{\text{વસ્તુની મૂળ લંબાઇ} \times \text{ટેમ્પરેચરનો વધારો}}$$

ઘન પ્રસણાંક રેખિક પ્રસરણાંક કરતાં આશરે ત્રણગણું હોય છે.

પ્રકરણ ૧૪

ટેમ્પરેચર અને થર્મોમિટર (ઉષ્ણુતામાપક)

Temperature and Thermometers.

૧ ટેમ્પરેચર (ઉષ્ણુમાન) અને ઉષ્ણુતા Temperature and Heat

એક ઠંડી અને બીજી ગરમ વસ્તુ હોય તેા ઠંડી વસ્તુનું ટેમ્પરેચર (temperature) ઓછું છે અને ગરમ વસ્તુનું ટેમ્પરેચર વધુ છે એમ આપણે કહીએ છીએ. આથી "ટેમ્પરેચર–ઉષ્ણુમાન" શબ્દ વસ્તુના ઉષ્ણુતાપણા અથવા ઠંડાપણાનેા નિર્દેશ કરે છે. ઉષ્ણુતા એટલે ગરમીનેા કુલ જથ્થેા. ૧૦૦ ગ્રામ ઊકળતું પાણી લઇએ અને ૧ ગ્રામ ઊકળતું પાણી લઇએ તેા ૧ ગ્રામ પાણીમાં ઓછી ઉષ્ણુતા છે અને ૧૦૦ ગ્રામ પાણીમાં સેાગણી ઉષ્ણુતા છે; પરંતુ તે બન્નેની અવસ્થા એકસરખી ગરમ (ઉષ્ણુ) છે એટલે કે બન્નેનું ટેમ્પરેચર સરખું છે. આથી ટેમ્પરેચર (ઉષ્ણુમાન) વસ્તુની ગરમપણાની અથવા ઠંડાપણાની અવસ્થા દર્શાવે છે, જ્યારે ઉષ્ણુતા વસ્તુમાં રહેલી કુલ ગરમી દર્શાવે છે. પ્રથમ ટેમ્પરેચર (temperature) કેવી રીતે માપવામાં આવે છે તે જોઇએ.

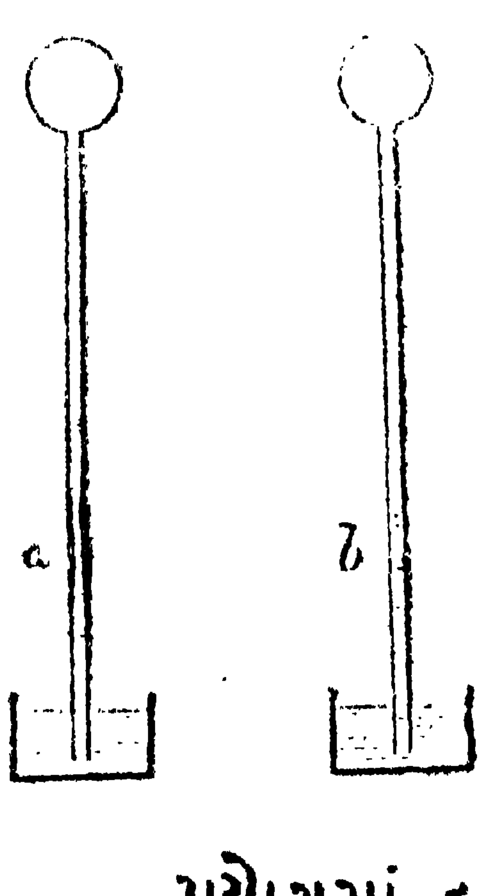
૨ ટેમ્પરેચરનું માપ. ગૅલિલિયેાના સમય સુધી કેાઇએ ટેમ્પરેચરનું માપ રાખવાનું કંઇપણ સાધન યેાજ્યું ન હતું. માત્ર સ્પર્શથી જ વસ્તુ કેટલી ઉષ્ણુ અથવા ઠંડી છે એ કલ્પવામાં આવતું. કેટલીકવાર આવાં અનુમાનેા ખેાટાં પડે છે. દાખલા તરીકે, ઘણા ગરમ પાણીમાં હાથ રાખેલેા હેાય તેને જો તુરત ઓછાં ગરમ પાણીમાં નાખવામાં આવે તેા તે

પાણી ઠંડુ લાગે છે. અને જો હાથ પ્રથમ ઠંડા પાણીમાં હોય અને ત્યાર પછી જો તેથી વધુ ગરમ પાણીમાં નાંખીએ તો તે ઘણું ગરમ લાગે છે. આવી જાતની મુશીબતોને લીધે વસ્તુની ઉષ્ણુતાની અવસ્થાનું એટલે કે વસ્તુના ટેમ્પરેચરનું ચોક્કસ માપ કાઢવા માટે પ્રથમ ગૅલીલિયોએ થર્મોમિટર (ઉષ્ણુતામાપક) (thermometer) વાપર્યું હતું. અત્યારે અનેક જાતના થર્મોમિટર વપરાય છે.

૩. ગૅલિલિયોનુ થર્મોમિટર

પ્રયોગ:-આકૃતિ (૧૩૬,a) માં બતાવ્યા મુજબ કાચના નળીવાળા એક ગોળાને ઊંધો રાખી નળીનો છેડો પાણીમાં ડૂબવા દો. પ્રથમ ગોળાને સહેજ ગરમ કરો. થોડી હવા બહાર નીકળી જશે. ગોળાને પાછો ઠંડો પડવા દો. નળીમાં થોડું પાણી ઊંચે ચઢે છે (આકૃતિ ૧૩૬,b). હવે ગોળાની નજીક સહેજ ગરમ વસ્તુ લઇ જાઓ તો અંદરની હવા વિસ્તૃત થશે અને તેથી પાણીની સપાટી નીચે ઊતરશે. ગોળાની નજીક બરફ લઇ જાઓ તો તેની ઠંડીને લીધે ગોળાની અંદરનો વાયુ સંકોચાય છે અને તેથી પાણીની સપાટી ઊંચે ચઢે છે. ગોળાની નળીની ઉપર માપસર આંક પાડવામાં આવે તો તે સાધન વડે ટેમ્પરેચર માપી શકાય છે.

આકૃતિ ૧૩૬



પ્રયોગમાં દર્શાવેલાં સાધનને ગૅલિલિયોનું થર્મોમિટર કહેવામાં આવે છે. એની રચના પ્રથમ ગૅલિલિયોએ કરી હતી. પાડુઆની યુનિવર્સિટીમાં ૧૫૯૨ ની સાલમાં ગૅલિલિયોએ પ્રથમ થર્મોમિટર (ઉષ્ણુતામાપક) બનાવ્યું હતું. ગૅલિલિયોને ઘન, પ્રવાહી અને વાયુના પ્રસરણ વિષે સંપૂર્ણ માહિતી હતી; અને

૧૮

વાયુનું પ્રસરણ પ્રમાણમાં વિશેષ હોવાથી તેણે વાયુનું થર્મોમિટર બનાવ્યું હતું.

૪. પારાનું થર્મોમિટર (ઉષ્ણતામાપક) આગલા પ્રકરણમાં જોઇ ગયા છીએ કે ઘન, પ્રવાહી અને વાયુ એ સર્વે ઉષ્ણતાને લીધે વિસ્તાર પામે છે. આથી થર્મોમિટર તરીકે ત્રણે જાતના દ્રવ્યનો ઉપયોગ થઇ શકે છે. ઉષ્ણ થવાથી ઘન વસ્તુના વિસ્તારમાં પ્રમાણમાં ઓછો વધારો થાય છે એટલે પ્રવાહી અને વાયુ, જેના કદમાં ઉષ્ણતાને લીધે પ્રમાણમાં ઘણો વધારો થાય છે, તે થર્મોમિટર માટે વધુ અનુકુળ થઇ પડે છે. ગૅલિલિયોનું વાયુનું થર્મોમિટર બહુ સગવડભર્યું નથી એટલે પારાનું થર્મોમિટર યોજવામાં આવ્યું છે. થર્મોમિટરમાં મોટે ભાગે પારો વાપરવામાં આવે છે તેનું કારણ પારાના કેટલાક અનુકુળ આવે તેવા ગુણધર્મો છે, અને તે કારણો પાછળથી બતાવવામાં આવ્યા છે. તેની રચના નીચે મુજબ થાય છે. એક કાચની બારીક છિદ્રવાળી નળી લઇને તેનો એક છેડો ગરમ કરી બંધ કર્યા પછી સહેજ ફૂલાવવામાં આવે છે (આકૃતિ ૧૩૭). નળીનો ઉપલો છેડો ગરણી જેવો રાખવામાં આવે છે, થોડો પારો ગરણીમાં રેડવામાં આવે છે, પરંતુ છિદ્ર ઘણું બારીક હોવાથી નળીમાં તે એકાએક દાખલ થતો નથી. હવે નીચેના ગોળાને ગરમ કરવામાં આવે તેથી થોડી હવા ઉપલી ગરણીમાંના પારામાં થઇને બહાર ચાલી જાય છે. ગોળાને પાછો ઠંડો કરવામાં આવે તો અંદરની હવા સંકોચાય છે અને તેથી ઉપરના હવાના દબાણથી પારો થર્મોમિટરની નળીમાં દાખલ થાય છે. આવી

આકૃતિ ૧૩૭.



રીતે ગોળાને વારંવાર ગરમ કરી ઠંડો પાડીને આખી નળી પારાથી સંપૂર્ણ ભરવામાં આવે છે. નળીમાં હવા ન રહી જાય તેની ખાસ કાળજી રાખવામાં આવે છે. એ પછી નળીને ૧૦૦° સે.થી વધુ ગરમ કરીને ઉપરનો છેડો બંધ કરવામાં આવે છે. આવી રીતે થર્મોમિટર (thermometer) તૈયાર થાય છે. ત્યાર પછી એના ઉપર ડિગ્રીના આંક પાડવામાં આવે છે, એટલે થર્મોમિટર ઉપયોગ માટે તૈયાર થયું ગણાય છે. થર્મોમિટર ઉપર પ્રમાણસર આંક પાડવાને માટે બે નિયત (fixed) ટેમ્પરેચર (ઉષ્ણમાન) ની જરૂર પડે છે. સારે નસીબે પીગળતા બરફનું ટેમ્પરેચર અને ઊકળતાં પાણીનું ટેમ્પરેચર (હવાનું સામાન્ય દબાણ હોય ત્યારે) એકમૂલ્ય (constant) હોય છે. એટલે એ બે ટેમ્પરેચર ઉપરથી થર્મોમિટરની ઉપર ડિગ્રીના આંક પાડી શકાય છે. પ્રમાણસર આંક પાડવા માટે થર્મોમિટરની નળી એક સરખા નાકા (આડછેદ, cross-section) વાળી હોવી જોઇએ.

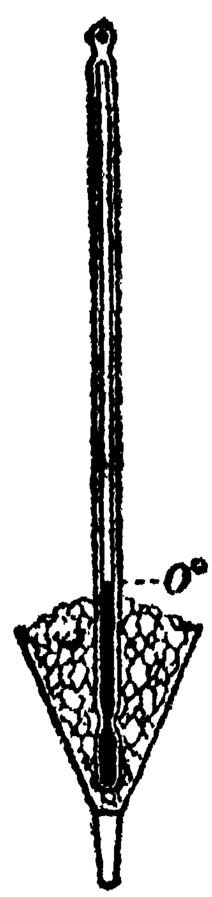
૫. ઉત્કલન અને ગલન બિંદુ
Boiling and freezing points

જે ટેમ્પરેચરે બરફ પીગળે છે તેને ગલનબિંદુ (freezing point) કહેવામાં આવે છે અને જે ટેમ્પરેચરે પાણી ઊકળે છે તેને ઊત્કલનબિંદુ (boiling point) કહેવામાં આવે છે.

થર્મોમિટરની ઉપર જુદાં જુદાં ટેમ્પરેચરનાં આંક પાડવા પ્રથમ આ બે બિંદુના આંક નક્કી કરવામાં આવે છે.

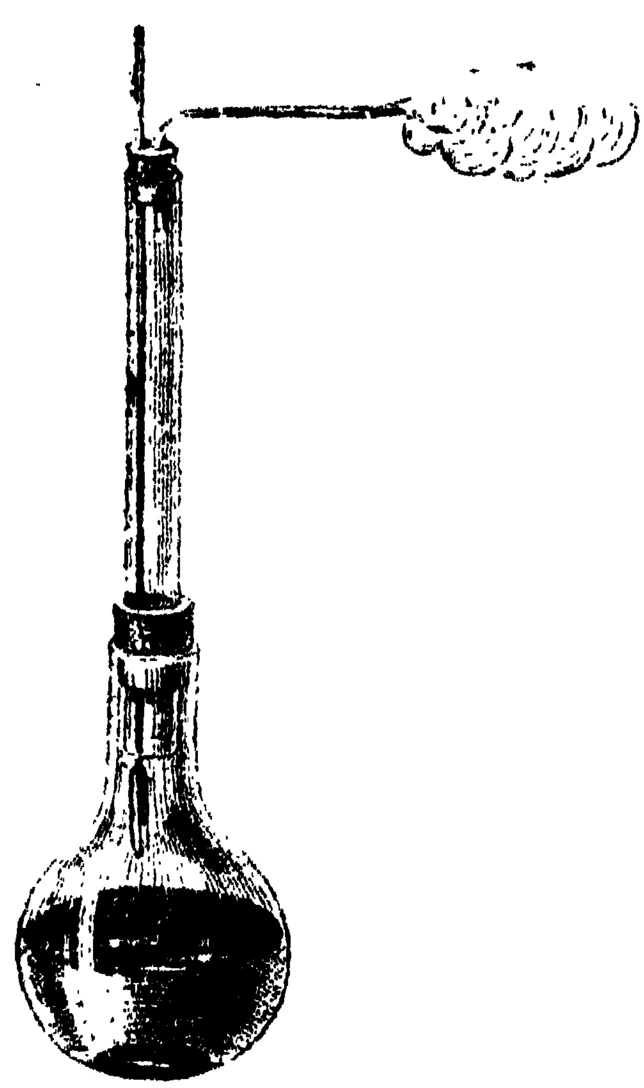
ઉત્કલનબિંદુ અને ગલનબિંદુના આંક નીચેના પ્રયોગો વડે નિયત થાય છે.

આકૃતિ ૧૩૮



પ્રયોગ (૧):–આકૃતિ (૧૩૮) માં બતાવ્યા મુજબ એક કાચની ગરણી લો અને એક સ્ટેન્ડ વડે તેને જકડી રાખો. એ ગરણીમાં થોડો બારીક ભૂકો કરેલો ચોકખો બરફ ભરો. ગરણીની નીચે એક જામ રાખો, જેથી પીગળેલા બરફનું પાણી તેમાં પડે. બરફના ભૂકામાં એક થર્મોમિટરનો ગોળો (bulb) રાખો. પાંચેક મિનિટ પછી થર્મોમિટરનો પારો કયાં આવીને અટકયો તેની નોંધ કરો. એ સપાટી આગળનું ટેમ્પરેચર શૂન્ય ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડ (0° સે.) છે, અને તેને ગલનબિંદુ કહેવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૧૩૯



(૨):–આકૃતિ (૧૩૯) માં બતાવ્યા મુજબ એક કાચની લાંબા ડોકવાળી બરણીમાં (flask) થોડું પાણી લો. જો બરણીની ડોક પૂરતી લાંબી ન હોય તો એક પહોળી કાચની નળીને બરણીમાં બૂચ વડે દાખલ કરો. ઉપરનું મોં બે કાણાવાળા એક બૂચ વડે બંધ કરો. તે બૂચનાં એક કાણાંમાંથી એક થર્મોમિટરને ચુસ્ત બેસાડો. બીજા કાણાંમાંથી એક કાટખૂણે વાળેલી નળી દાખલ કરો. હવે પાણીને ઊકાળો. ઊકળતું પાણી ચોખ્ખું હોય તો તેનું તથા તેની વરાળનું ટેમ્પરેચર સરખું જ હોય છે, એટલે ઊકળતા પાણીની વરાળમાંજ થર્મોમિટરને ગરમ કરવામાં આવે છે. વરાળનું ટેમ્પરેચર હવાના સામાન્ય દબાણે (૭૬ સેમિ. દબાણ) સો ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડ જેટલું હોય છે. પાણી ઊકળવા લાગે પછી પાંચ છ મિનિટે થર્મોમિટરના પારાની સપાટી જ્યાં સ્થિર રહે તેની નોંધ

કરો. ત્યાંનું ટેમ્પરેચર સો ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડ (૧૦૦° સે.) છે. તેને ઉત્કલન બિંદુ કહેવામાં આવે છે.

[જો હવાનું દબાણ ૭૬ સેમિ.થી ઓછું હોય તો ટેમ્પરેચર ૧૦૦° સે.થી ઓછું આવે છે, અને દબાણ વધુ હોય તો ટેમ્પરેચર વધુ થાય છે. પાણીમાં કંઇક દ્રાવ્ય પદાર્થ ભળેલો હોય તો તેનું ટેમ્પરેચર વધુ થાય છે. તેથી થર્મોમિટરને વરાળમાંજ રાખવામાં આવે છે. હવાના દબાણને અંગે વરાળના ટેમ્પરેચરમાં થતાં ફેરફારને ધ્યાનમાં લઇ થર્મોમિટર ઉપર આંક પાડવામાં આવે છે.]

૬. સેન્ટિગ્રેડ, ફેરનહીટ અને રયુમર થર્મોમિટર
Centigrade, Fahrenheit and Reumer scales

સામાન્ય ઉપયોગમાં આવતાં થર્મોમિટર મૂખ્યત્વે ત્રણ પ્રકારના છે: સેન્ટિગ્રેડ, ફેરનહીટ અને રયુમર. એ ત્રણે જાતનાં થર્મોમિટરની ડિગ્રીના આંકો જુદા જુદા માપના હોય છે. વૈજ્ઞાનિક પ્રયોગોમાં ખાસ કરીને સેન્ટિગ્રેડ થર્મોમિટર વપરાય છે. ફેરનહીટ થર્મોમિટર શરીરનું ટેમ્પરેચર નોંધવામાં અને હવામાનના ટેમ્પરેચરની નોંધ રાખવામાં વપરાય છે. રયુમર થર્મોમિટર ખાસ વપરાશમાં આવતું નથી. સેન્ટિગ્રેડ થર્મોમિટરમાં ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ વચ્ચેના ગાળાને સો સરખા ભાગમાં વહેંચવામાં આવે છે અને દરેક ભાગને એક ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડ (૧° સે.) અને ઉત્કલન બિંદુને સો ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડ (૧૦૦°સે.) કહેવામાં આવે છે. ગલનબિંદુને શૂન્ય ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડ (૦°સે.) કહેવામાં આવે છે. ફેરનહીટ થર્મોમિટરમાં ગલનબિંદુને ૩૨ ડિગ્રી (૩૨°ફે.) ફેરનહીટ વડે અને ઉત્કલનબિંદુને ૨૧૨° ફે. વડે દર્શાવવામાં આવે છે. આ બે ટેમ્પરેચરના ગાળાને ૧૮૦ સરખા ભાગમાં વહેંચવામાં આવ્યો છે. ફેરનહીટ થર્મોમિટરમાં શૂન્ય ડિગ્રીનું ટેમ્પરેચર ગલનબિંદુથી નીચે છે. એ ટેમ્પરેચર આલ્પ્સના પર્વત ઉપર માલૂમ

પડ્યું હતું અને તે વખતે એના રચનારે (ફેરનહીટે) એમ ધાર્યું હતું કે તે ટેમ્પરેચર ઓછામાં ઓછુંજ હશે. આ કારણથી તે ટેમ્પરેચરને શૂન્ય ડિગ્રી કહેવામાં આવ્યું. ર્‌યુમર થર્મોમિટરમાં ગલનબિંદુને શૂન્ય ડિગ્રીજ કહેવામાં આવે છે, પરંતુ ઉત્કલન બિંદુને ૮૦ ડિગ્રી ર્‌યુમર (૮૦° ર્‌યુ.)કહેવામાં આવે છે. વચ્ચેના ટેમ્પરેચરના ગાળાને ૮૦ સરખા ભાગોમાં વહેંચવામાં આવ્યા છે. આ ત્રણે પ્રકારના થર્મોમિટરની રચના એકજ જાતની છે.

૭. ત્રણે પ્રકારનાં થર્મોમિટરની સરખામણી સેન્ટિગ્રેડ, ફેરનહીટ અને ર્‌યુમરનાં માપની એકબીજાંની સરખામણી ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ આગળના ટેમ્પરેચર વડે થઈ શકે છે. સેન્ટિગ્રેડ અને ર્‌યુમરને સરખાવવું સરળ છે; કારણ બન્નેનાં ગલનબિંદુ શૂન્ય છે. ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ વચ્ચેના સેન્ટિગ્રેડના ૧૦૦ ભાગ બરાબર ર્‌યુમરના ૮૦ ભાગો છે એટલે નીચેના સમીકરણ (equation) વડે એક ટેમ્પેરેચરને બીજામાં સહેલાઈથી ફેરવી શકાય છે.

स = સેન્ટિગ્રેડમાં ટેમ્પરેચર, र = ર્‌યુમરમાં ટેમ્પરેચર

$$\text{स} : \text{र} :: ૮૦ \text{ એટલે } \frac{\text{स}}{૧૦૦} = \frac{\text{र}}{૮૦}$$

એજ પ્રમાણે સેન્ટિગ્રેડ અને ફેરનહીટની સરખામણી થાય છે. ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ વચ્ચેના સેન્ટિગ્રેડના ૧૦૦ ભાગ બરાબર ફેરનહીટના ૧૮૦ ભાગ છે, પરંતુ ફેરનહીટનું ગલન-બિંદુ ૩૨° ફે. હોવાથી, રૂપાંતર કરતી વેળા સહેજ ફેરફાર કરવો પડે છે. દાખલા તરીકે, ફેરનહીટમાં એક ટેમ્પરેચર फ હોય અને તેને સેન્ટિગ્રેડમાં લઇ જવું હોય તો પ્રથમ ગલનબિંદુ અને फ વચ્ચે કેટલાક આંક છે તે જોવું પડશે.

એટલે (ફ—૩૨) આંકને સેન્ટિગ્રેડમાં ફેરવવું પડશે. હવે આપણે જાણીએ છીએ કે ૧૮૦ ફેરનહીટના આંક અને ૧૦૦ સેન્ટિગ્રેડના આંક સરખા છે.

એટલે स : (फ–३२) : १०० : १८० અથવા $\frac{स}{१००} = \frac{फ-३२}{१८०}$

ટૂંકમાં જો स, फ અને र ત્રણ એક જ ટેમ્પરેચર અનુક્રમે સેન્ટિગ્રેડ, ફેરનહીટ અને ર્યુમરમાં બતાવે તો નીચેના સમીકરણમાંથી એકમાંથી બીજું ટેમ્પરેચર શોધી શકાશે.

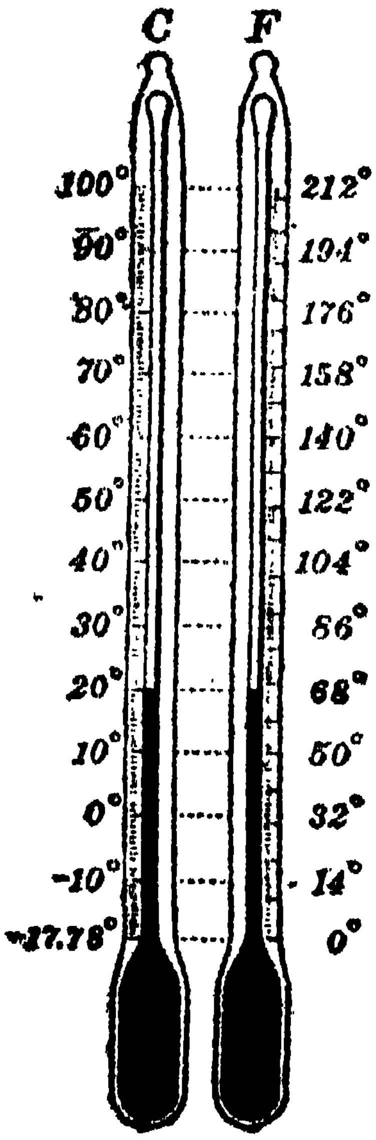
$$\frac{स}{१००} = \frac{फ-३२}{१८०} = \frac{र}{८०}$$

સેન્ટિગ્રેડ અને ફેરનહીટ ટેમ્પરેચરની સરખામણીને માટે આકૃતિ (૧૪૦)માં સેન્ટિગ્રેડ થર્મોમિટર (C) અને ફેરનહીટ થર્મોમિટર (F) બતાવવામાં આવ્યાં છે.

૮. થર્મોમિટરમાં પારોજ શાથી વપરાય છે?

ઘણાખરાં થર્મોમિટરમાં પારોજ વાપરવામાં આવે છે અને બીજાં પ્રવાહી ખાસ કરીને વાપરવામાં નથી આવતાં. પાણી અથવા આલ્કૉહૉલના થર્મોમિટર વપરાય છે; પરંતુ સૌથી વધુ ઉપયોગ પારાનો જ થાય છે. એના કારણ નીચેના છે. (૧) પ્રમાણમાં પારાનું પ્રસરણ (expansion) વધુ છે, એટલે ટેમ્પરેચરના નાના ફેરફારો પણ નોંધી શકાય છે. (૨) પાણી અને બીજાં પ્રવાહી કરતાં પારો વધુ ઉષ્ણતાવાહક છે. એટલે જે વસ્તુનું ટેમ્પરેચર માપવું હોય તે જ ટેમ્પરેચરને પારો ઝડપથી પહોંચી શકે છે. (૩) પારાથી નળી ભીંજાતી નથી, એટલે પારાની ઊપલી સપાટી તદ્દન ચોકખી રહે છે. નળીમાંનો

આકૃતિ ૧૪૦



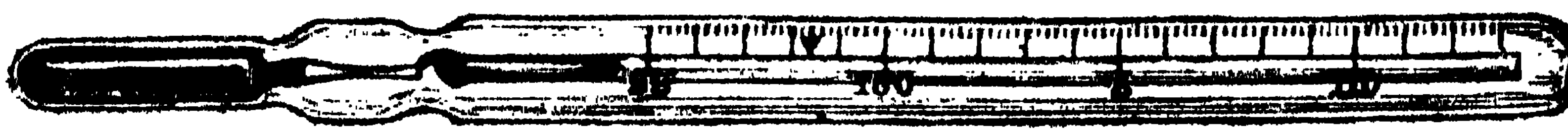
પારો બાજુએ વળગી રહેતો ન હોવાથી પારાની સપાટીના માપમાં ફેર પડતો નથી. પ્રવાહી નળીની બાજુને ભીંજવે છે એટલે ઉપલી સપાટી માલૂમ પડતી નથી. (૪) પારો ચકચકિત હોવાથી બારીક નળીમાં પણ ઘણીજ સ્પષ્ટ રીતે જોઇ શકાય છે. (૫) પારો –૩૯° સે. થી ૩૦૦° સે. સુધી પ્રવાહી સ્વરૂપમાં રહે છે એટલે મોટા વિસ્તારમાં ટેમ્પરેચરનું માપ આપી શકે છે. આલ્કૉહૉલનું થર્મૉમિટર ૬૦° સે. વધારે ટેમ્પરેચરે નોંધવા કામ આવતું નથી. (૬) પારાનું કદ પ્રસરણ જુદાં જુદાં ટેમ્પરેચર સરખું જ રહે છે. બીજાં પ્રવાહીમાં વત્તું ઓછું થાય છે. આથી પારાના થર્મૉમિટરના માપના આંક . દરેક ટેમ્પરેચરે પ્રમાણસરજ રહે છે. (૭) પારાની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા ઓછી હોવાથી બીજાં પ્રવાહી કરતાં એ થર્મૉમિટર ગરમ વસ્તુમાંથી વધારે ગરમી લઈ લેતું નથી. (૮) થર્મૉમિટરના ઉપલા અવકાશવાળા ભાગમાં પ્રવાહીની વરાળ થોડે ઘણે અંશે રહે છે. બીજાં પ્રવાહીના કરતાં પારાની વરાળનું દબાણ ઘણુંજ ઓછું હોય છે, એટલે એને લીધે ટેમ્પરેચરના માપમાં ઘણો ફેરફાર થતો નથી.

૯. ડૉકટરનું થર્મૉમિટર
Doctor's (clinical) thermometer

શરીરનું ટેમ્પરેચર માપવા માટે થોડાજ ડિગ્રીના આંકો બસ થાય છે. શરીરનું ટેમ્પરેચર ઘણુંખરું ૯૫ ડિગ્રી ફેરનહીટથી ૧૦૫ ડિગ્રી ફેરનહીટની વચ્ચેજ રહે છે. આથી શરીરના ટેમ્પરેચરનું માપ લેવા વપરાતા ડૉકટરના

થર્મોમિટરમાં માત્ર એટલાજ આંક હોય છે. એ ઉપરાંત એ થર્મોમિટર એવું હોવું જોઇએ કે જેથી શરીરનું ટેમ્પરેચર એકવાર માપ્યા પછી પાછળથી પણ નોંધી શકાય. સાધારણ થર્મોમિટર હોય તો

આકૃતિ ૧૪૧



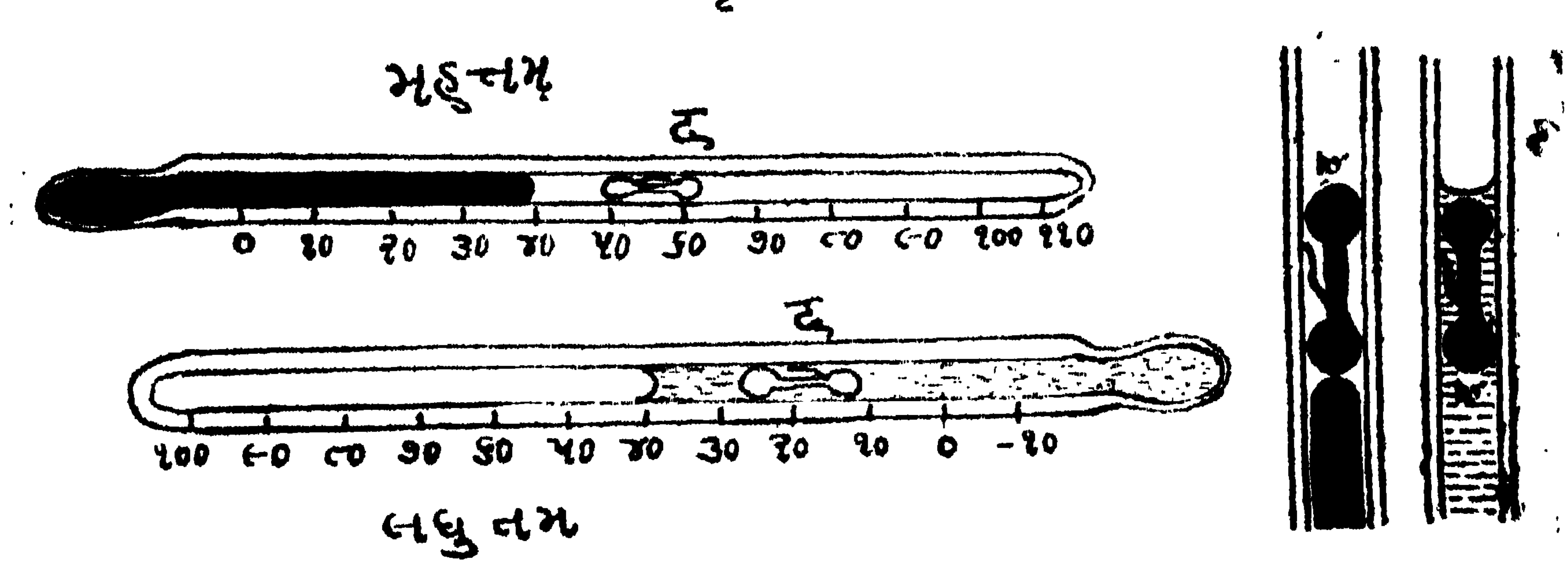
શરીરના ભાગથી દૂર કરીએ કે તુરતજ પારો નીચે ઊતરવા માંડે છે અને શરીરનું ખરૂં ટેમ્પરેચર નોંધી શકાતું નથી. આ ખામી દૂર કરવા ડૉકટરના થર્મોમિટરમાં સહેજ જુદી રચના કરવામાં આવે છે. એના ગોળા (bulb) માં અર્ધે સુધીજ પારો ભરવામાં આવે છે. થર્મોમિટરના ગોળાને (bulb) અને ઉપરની નળીને બારીક ખાંચાવાળી નળી વડે જોડવામાં આવે છે. જ્યારે ૯૫ ડિગ્રી ફેરનહીટ જેટલું ટેમ્પરેચર થાય ત્યારે જ એ બારીક ખાંચાવાળી નળીવાટે પારો ઉપરની નળીમાં દાખલ થાય છે. ઉપલી નળીની ઉપર ૯૫° થી ૧૦૫° ફે. સુધીના આંક રાખવામાં આવેલા છે. શરીરના જે ભાગનું ટેમ્પરેચર નોંધવું હોય તેના સ્પર્શમાં થર્મોમિટરનો ગોળો રાખવામાં આવે છે. એ ત્રણ મિનીટ પછી થર્મોમિટર દૂર કરવામાં આવે એટલે તે ઠંડુ પડે છે, પરંતુ ખાંચાવાળા ભાગમાંથી પારાની દોરી કપાઇ જાય છે અને ઉપલી નળીમાંનો પારો જ્યાંનો ત્યાં જ રહે છે. એટલે પાછળથી ગમે ત્યારે ટેમ્પરેચર જોવું હોય ત્યારે જોઇ શકાય છે. જ્યારે ફરીથી ટેમ્પરેચર માપવું હોય ત્યારે એ ઉપલી નળીમાંના પારાની એ દોરીને પ્રથમ નીચેના ગોળા (bulb) માં ઊતારવો પડે છે. આમ કરવા માટે તેને જોરથી ઝાટકવું પડે છે. એટલું ખાસ ધ્યાનમાં રાખવાની

જરૂર છે કે એ થર્મોમિટરમાં વધુમાં વધુ ૧૦૫° કે ૧૧૦° ફે. જેટલું ટેમ્પરેચર નોંધી શકાય છે, એટલે થર્મોમિટરને ઊકળતા પાણીમાં અગર વધુ ગરમ પાણીમાં ધોઇએ તો તે તૂટી જવાનો સંભવ રહે છે. ઊકળતા પાણીનું ટેમ્પરેચર ૨૧૨° ફે. છે, એટલે તેમાં થર્મોમિટરને મૂકતાં થર્મોમિટરની અંદરના પારાનું કદ એટલું વધી જશે કે તેમાં પારો અંદર સમાઇ શકશે નહિ અને કાચને તોડી નાંખીને બહાર આવશે. શરીરનું ટેમ્પરેચર ઘણુંખરૂં ૯૭°.૮ અથવા ૯૮°.૬ ફે. ની વચ્ચેજ હોવું જોઇએ. ૧૦૫° ફે. ઉપરનું અથવા ૯૫° ફે. નીચેનું ટેમ્પરેચર પ્રાણઘાતક હોય છે.

૧૦. મહત્તમ અને લઘુતમ થર્મોમિટર Maximum and minimum thermometers

જ્યાં દિવસે ખૂબ ગરમી પડતી હોય અને રાત્રે ખૂબ ઠંડી પડતી હોય તેવા પ્રદેશમાં વધુમાં વધુ અને ઓછામાં ઓછું ટેમ્પરેચર કેટલું હોય તે જાણવું જરૂરી છે. ખાસ કરીને વેધશાળા (observatory) માં વાયુચક્રશાસ્ત્રીને (meteorologist)

આકૃતિ ૧૪૨

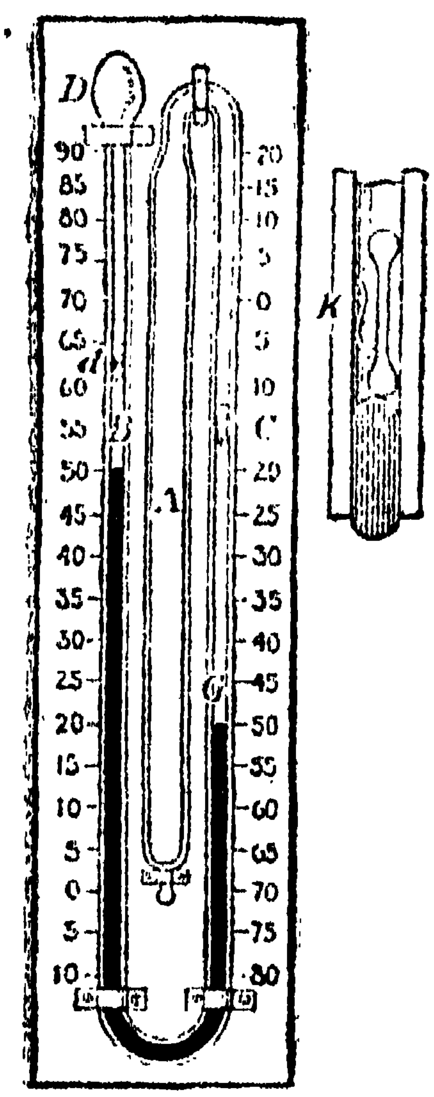


આખા દિવસમાં થયેલાં સૌથી વધુ અને સૌથી ઓછાં ટેમ્પરેચરના માપ રાખવાની જરૂર પડે છે. આ માપ આપોઆપ જ નોંધી શકાય તે માટે સહેજ જુદી રચનાના થર્મોમિટર તૈયાર કરવાં

પડે છે. મહત્તમ (maixmum) ટેમ્પરેચર નોંધવાનું થર્મોમિટર પારાનું જ બનેલું હોય છે. માત્ર એના છિદ્રમાં સહેજ ઘર્ષણથી સરી શકે તેવો લોખંડની કમાન જડેલો કાચનો દર્શક (pointer) દ રાખેલો હોય છે (આકૃતિ ૧૪૨). ટેમ્પરેચર વધે છે ત્યારે પારો એ દર્શકને આગળ હડસેલે છે. ટેમ્પરેચર ઓછું થવાથી પારો નીચે ઊતરે છે. ત્યારે નળીની બાજુ સાથેના ઘર્ષણને લીધે એ દર્શક ત્યાં ને ત્યાં જ રહી જાય છે. આથી આખા દીવસમાં સૌથી વધુ ગરમી પડી હોય તે વખતના ટેમ્પરેચરના કાપા સુધી દર્શક આગળ વધશે; પરંતુ તેનાથી ઓછું ટેમ્પરેચર થાય, ત્યારે દર્શક પાછો આવતો નથી અને ત્યાંનો ત્યાંજ રહે છે. આમ આ થર્મોમિટર આખા દિવસનું મહત્તમ ટેમ્પરેચર બતાવે છે. બીજે દિવસે સહવારમાં જ્યારે ટેમ્પરેચર ઓછું હોય, ત્યારે એકાદ લોહચુંબક વડે એ દર્શકને નીચેની પારાની સપાટી સુધી ઊતારી મૂકવામાં આવે છે.

લઘુતમ (minimum) થર્મોમિટરમાં પારાની જગ્યાએ આલ્કૉહૉલ વાપરવામાં આવે છે (આકૃતિ ૧૪૨). એમાં લોખંડ-નો દર્શક આલ્કાહોલની સપાટી (પૃષ્ઠ) નીચે ઊતરે છે તેની સાથે નીચે ઘસડાઇ આવે છે; કારણ કે આલ્કૉહૉલના પૃષ્ઠ-બળને લીધે દર્શક ઉપલી સપાટીને ભેદીને ઉપર જઈ શકતો નથી. વળી આલ્કૉહૉલનું પૃષ્ઠબળ દર્શકને લાગતાં ઘર્ષણથી પણ વધુ હોય છે એટલે દર્શક નીચે ઊતરે છે; જ્યારે ટેમ્પ-રેચર વધે છે ત્યારે આલ્કૉહૉલ એ દર્શકની ફરતેથી સરીને ઊંચે ચઢે છે અને દર્શક નળીની સાથેના ઘર્ષણને લઇને જ્યાંનો ત્યાં જ રહે છે. આથી એ દર્શક રાતે ઓછામાં ઓછું ટેમ્પરેચર થાય તે જગ્યાએ આવી રહે છે. બીજે દિવસે લોહચું-

આકૃતિ ૧૪૩.



સિક્ષનું થર્મોમિટર

બક વડે એને પણ પાછો ઊંચે ચઢાવી આલ્કૉહૉલની ઉપલી સપાટી સુધી લઈ જવામાં આવે છે.

સિક્ષ નામના શોધકે આ બે જુદાં જુદાં થર્મોમિટરને બદલે એકજ થર્મોમિટરમાં લઘુતમ અને મહત્તમ ટેમ્પરેચર મપાય એવી રચના કરી છે. એને "સિક્ષનું થર્મોમિટર" કહેવામાં આવે છે. એની રચના આકૃતિ (૧૪૩) માં બતાવી છે. વચ્ચે રાખેલા કાચના એક લાંબા ગોળામાં (bulb)માં A થી G સુધી આલ્કૉહૉલ ભરેલું હોય છે અને નીચેના વાંકા ભાગમાં B થી G સુધી પારો હોય છે. B થી D સુધી પાછો આલ્કૉહૉલ ભરેલો છે, પરંતુ એ નળી પૂર્ણ ભરેલી હોતી નથી અને ઉપલા ભાગમાં અવકાશ હોય છે. c અને d આગળ ઘર્ષણથી સરતા બે લોખંડના દર્શક રહેલા હોય છે. c ઓછામાં ઓછું (લઘુતમ) અને d વધુમાં વધુ (મહત્તમ) ટેમ્પરેચર બતાવે છે. ઠંડી પડે ત્યારે A માંનો આલ્કૉહાલ સંકોચાય છે. તેથી G આગળની સપાટી ઊંચે ચઢે છે અને c ને પણ સાથે ઊંચે હડસેલે છે. પાછું ટેમ્પરેચર વધે છે ત્યારે c ત્યાંને ત્યાં જ રહી જાય છે અને આલ્કૉહૉલ વિસ્તાર પામે એટલે પારાની સપાટી G આગળ નીચે આવે છે અને B તરફ ઊંચે વધે છે અને તેથી d ઊંચે જાય છે. વળી જ્યારે B સપાટી નીચે ઊતરે છે ત્યારે d ત્યાંજ રહે છે અને વધુમાં વધુ ટેમ્પરેચર બતાવે છે. G બાજુની નળીમાં

ટેમ્પરેચરના ઓછા આંકો ઊંચે હોય છે જ્યારે B બાજુએ ઓછાં ટેમ્પરેચરના આંકો નીચે હોય છે. બાજુમાં K વડે દર્શકની રચના બતાવવામાં આવી છે.

૧૧. થર્મોગ્રાફ Thermograph ઉપર દર્શાવ્યું છે તેમ લઘુતમ અને મહત્તમ ટેમ્પરેચર આપોઆપ નોંધી શકાય છે; પરંતુ આખા દિવસમાં ટેમ્પરેચરમાં ઘડીએ ઘડીએ કેવા ફેરફારો થાય તે નોંધી શકાતું નથી. દિવસના ટેમ્પરેચરની વધઘટ અનિયમિત રીતે થાય છે, અને વાયુચક્રશાસ્ત્રીને એ સર્વની નોંધ રાખવી પડે છે. એટલા માટે ટેમ્પરેચર આપોઆપ નોંધાય એવા યંત્રની રચના કરવામાં આવી છે. એ યંત્રની સાદી રચના નીચે મુજબ છે.

એક મોટા ગોળ ડબ્બા ઉપર બેરોગ્રાફ (આકૃતિ ૪૯)માં બતાવ્યા મુજબના આલેખ (graph) વાળો કાગળ આવે છે. એ કાગળ ઉપર શિરોલંબ દિશામાં ટેમ્પરેચરનાં માપ હોય છે અને સમસૂત્ર (horizontal) દિશામાં કલાકના માપ હોય છે. એ ડબ્બો એક દિવસમાં આખું ચક્ર ફરી રહે છે. એ ડબ્બાને અડકે એમ એક સોય રાખેલી હોય છે. એ સોયનો છેડો શાહીથી ભીંજવેલો હોય છે તેથી જેમ ડબ્બો ફરે તેમ એના ઉપર ટેમ્પરેચરનો આલેખ (graph) નોંધાય છે. આકૃતિ (૧૩૦) માં બતાવ્યા મુજબની બે જુદી જુદી ધાતુની જોડેલી વાંકી પટી સાથે બેરોગ્રાફની સોયને જડેલી હોય છે. બન્ને ધાતુનો પ્રસરણાંક વત્તોઓછો હોવાથી ટેમ્પરેચરની વધઘટ થતાં પટી વત્તીઓછી વાંકી વળે છે અને તેને લીધે સોય શિરોલંબ દિશામાં (vertical direction) ઊંચેનીચે જાય છે. આ પ્રમાણે કલાકે કલાકે ટેમ્પરેચરમાં થતા ફેરફારો સોય વડે ડબ્બા

ઉપર આપોઆપ નોંધી શકાય છે. એક દિવસનું ચક્ર પૂરૂં થતાં એ ડબ્બા ઉપર બીજો કાગળ લગાડવામાં આવે છે.

સાર

૧. એક સરખી ગરમ જુદી જુદી વસ્તુની અંદર રહેલી ઉષ્ણુતાનો જથ્થાનો આધાર વસ્તુના વજન ઉપર રહે છે. એક જ પદાર્થની નાની મોટી બે વસ્તુને એક સરખી ઉષ્ણુતા આપી ગરમ કરવામાં આવે તો નાની વસ્તુ વધુ ગરમ લાગશે અને મોટી વસ્તુ ઓછી ગરમ લાગશે. ઠંડાપણા અથવા ગરમપણાની અવસ્થાના માપને ટેમ્પરેચર કહેવામાં આવે છે. હવાનું થર્મોમિટર બનાવી ટેમ્પરેચરનું માપ પહેલ વહેલું ગૅલિલિયોએ કાઢયું હતું.

૨. હાલમાં ટેમ્પરેચરનું માપ મોટે ભાગે પારાના થર્મોમિટર વડે જ કાઢવામાં આવે છે. એક બારીક નળીનો એક છેડો બંધ કરીને ફૂલવવામાં આવે છે. એ નળીમાંની હવાને ગરમ કરી દૂર કરવામાં આવે છે અને તેની જગ્યાએ પારાને દાખલ કરવામાં આવે છે. નળી પૂર્ણ ભરાય પછી તેને ખૂબ તપાવીને ઉપલો ખૂલ્લો છેડો બંધ કરવામાં આવે છે. એ નળી ઉપર ટેમ્પરેચરના આંક પાડવામાં આવે છે. પીગળતાં બરફના ભુકામાં આ થર્મોમિટરનો ગોળો રાખી પારાની સપાટી નીચે ઊતારી જે જગાએ સ્થિર રહે છે તેને શૂન્ય ડિગ્રીનો સેન્ટિગ્રેડ કહેવામાં આવે છે. આ ટેમ્પરેચરને (૦°સે.) ગલનબિંદુ (melting point) કહેવામાં આવે છે. સામાન્ય હવાના દબાણુમાં (૭૬ સેંમ. દબાણુમાં) પાણીને ઊકળવા દઇ તેની વરાળમાં થર્મોમિટરને રાખવામાં આવે, ત્યારે તેના સપાટી ઊંચે ચઢી બીજી જગ્યાએ સ્થિર થાય છે. આ જગ્યાએ ૧૦૦° સેન્ટિગ્રેડનો આક પાડવામાં આવે છે. આ ટેમ્પરેચરને ઉત્કલન બિંદુ (boiling point) કહેવામાં આવે છે. થર્મોમિટરના આ બે નિયત બિંદુ કહેવાય છે.

૩. થર્મોમિટર ઉપર ત્રણ પ્રકારના માપ હોય છે. સેન્ટિગ્રેડ, ફેરનહીટ અને રયુમર. એ ત્રણ માપો નીચે મુજબ છે.

	સેન્ટિગ્રેડ	ફેરનહીટ	રયુમર
ગલનબિંદુ	૦°	૩૨°	૦°
ઉત્કલનબિંદુ	૧૦૦°	૨૧૨°	૮૦°

જો એક ટેમ્પરેચરના માપ स° સેન્ટિગ્રેડ, फ° ફેરનહીટ અને र° રયુમર હોય તો તેમનો સંબંધ નીચે પ્રમાણે હોય છે.

$$\frac{स}{१००} = \frac{फ-३२}{१८०} = \frac{र}{८०}$$

૪. શરીરની ગરમી માપવા ડૉકટરનું થર્મોમિટર (clinical) થર્મોમિટર વપરાય છે. એના ઉપર ૯૫° ફે. થી ૧૧૦° ફે. સુધીના માપ હોય છે. આ થર્મોમિટરને ગરમી લાગવાથી પારો ઊંચે ચઢે તે આપમેળે પાછો નીચે ઊતરી આવતો નથી, કારણ કે નળીની વચ્ચે બારીક ખાંચો રાખેલો હોય છે. પારાની દોરીને નીચે ઊતારવી હોય તો તેને ઝાટકવું પડે છે. વધુ ગરમ પાણીથી એને ધોવામાં આવે તો અંદરનો પારો વધુ પડતો વિસ્તાર પામતાં તે તૂટી જશે.

૫. આખા દિવસમાં થયેલા વધુમાં વધુ અને ઓછામાં ઓછા ટેમ્પરેચરનું આપમેળે માપ લેવા મહત્તમ અને લઘુતમ થર્મોમિટર બનાવવામાં આવે છે. એમાં ઘર્ષણથી સરે તેવો દર્શક હોય છે. મહત્તમ થર્મોમિટરમાં પારાની ઉપલી સપાટી વડે એ દર્શક ઊંચે જઈ રહી વધુમાં વધુ ટેમ્પરેચર બતાવે છે. લઘુતમ થર્મોમિટરમાં આલ્કોહૉલ હોય છે અને તેની સપાટીના પૃષ્ઠબળને લીધે ટેમ્પરેચર ઓછું થાય ત્યારે દર્શક નીચે ઊતરે છે અને ઓછામાં ઓછાં ટેમ્પરેચરનું માપ બતાવે છે. દર્શકમાં લોખંડની કમાન હોય છે, એટલે લોહચુંબક વડે તેને ઊંચેનીચે ખસેડી શકાય છે. થર્મોગ્રાફ વડે આખા દિવસના ટેમ્પરેચરમાં થતા ફેરફારોની આપમેળે નોંધ થાય છે.

પ્રકરણ ૧૫

ઉષ્ણુતાધારક શક્તિ

૧. ઉષ્ણુતાધારક શક્તિ Capacity for heat એક નળમાંથી એક સરખી ધારથી પાણી નીકળતું હોય અને તેની નીચે એક નાની અને બીજી મોટી બાલદી વારાફરતી કે મૂકીએ તો માલૂમ પડશે કે નાની અને સાંકડી બાલદીમાં પાણીની સપાટી જલદી ઊંચે આવે છે; કારણ કે નાની બાલદીની ધારણુશક્તિ (capacity) ઓછી છે. એજ પ્રમાણે જુદી જુદી વસ્તુની ઉષ્ણુતાની ધારણુશક્તિ પણ વત્તીઓછી હોય છે અને તેથી એક સરખા વજનના જુદા જુદા પદાર્થને એક સરખી ગરમી આપીએ તો પણ તે એક સરખા ગરમ થતા નથી. દાખલા તરીકે ૧ રતલ પાણી અને ૧ રતલ લોખંડ લઈને બન્નેને એક દીવા ઉપર એક સરખો વખત ગરમ કરીએ તો માલૂમ પડશે કે લોખંડ વધુ ગરમ થાય છે અને પાણી ઓછું ગરમ થાય છે. આથી પાણીને અને લોખંડને સરખાં ગરમ કરવાં હોય તો પાણીને વધારે વાર તપાવવું પડશે. એટલે કે વધુ ઉષ્ણુતા આપવી પડશે. એવું માલૂમ પડયું છે કે પાણીને ગરમ કરવા માટે તેટલા જ વજનની કોઇપણ બીજી વસ્તુ કરતાં વિશેષ ગરમી જોઇએ છે. ગરમીના દિવસોમાં એકાદ નદીમાંથી પસાર થઇએ તો માલૂમ પડે છે પાણી કરતાં રેતી વિશેષ ગરમ થઇ જાય છે. કારણ કે રેતીના જેટલું ગરમ થવા પાણીને ઘણી વધારે ઉષ્ણુતાની જરૂર પડે છે. એક વસ્તુના ટેમ્પરેચરમાં એક ડીગ્રી જેટલો વધારો કરવા જેટલી ગરમી આપવી પડે તેને તે વસ્તુની ઉષ્ણુતાધારકશક્તિ કહેવામાં છે. જુદી જુદી વસ્તુની ઉષ્ણુતાધારકશક્તિ જુદી હોય છે.

પ્રયેાગ (૧) : એક કાચના પ્યાલામાં ૧૦૦ ગ્રામ ઠંડુ પાણી લેા. તેમાં થર્મોમિટર મૂકી તેનું ટેમ્પરેચર નેાંધેા. હવે બીજા કાચના જામમાં ૧૦૦ ગ્રામ પાણી લઇને ઉકાળેા. વરાળ થઇ ઘણું પાણી ઊડી ન જાય તેની કાળજી રાખેા અને જેવું પાણી ઊકળવા માંડે એટલે તુરત તેને ઠંડા પાણીના પ્યાલામાં રેડી દેા. પાણીને ભેળક (stirrer) વડે હલાવી ટેમ્પરેચર નેાંધી લેા. ઠંડા પાણીના ટેમ્પરેચરમાં થયેલેા વધારેા શેાધી કાઢેા. ગરમ પાણીના ટેમ્પરેચરમાં જેટલેા ઘટાડેા થાય છે તેટલેા જ વધારેા ઠંડા પાણીના ટેમ્પરેચરમાં થાય છે.

(૨) : ફરીથી એક કાચના પ્યાલામાં ૧૦૦ ગ્રામ ઠંડુ પાણી લેા અને તેનું ટેમ્પરેચર નેાંધેા. હવે એક સેા ગ્રામના લેાખંડના ટુકડાને ઊકળતા પાણીની વરાળમાં લાંબેા વખત ગરમ કરેા. એ ગરમ ટુકડાને ઝટ ઠંડા પાણીમાં નાંખી પાણીને ભેળક વડે હલાવી પાણીનું ફરીથી ટેમ્પરેચર નેાંધેા. ઠંડાં પાણીના ટેમ્પરેચરમાં થયેલેા વધારેા શેાધી કાઢેા. આ વખતે ઠંડા પાણીના ટેમ્પરેચરમાં પહેલા પ્રયેાગના જેટલેા વધારેા થતેા નથી.

૧૦૦ ગ્રામ ઊકળતું પાણી અને તેટલુંજ ગરમ ૧૦૦ ગ્રામ લેાખંડ એ બન્નેમાં કયી વસ્તુમાં વિશેષ ઉષ્ણતા રહેલી છે તે તારવી કાઢેા.

ઉપરના પહેલા પ્રયેાગમાં ઠંડા પાણીના ટેમ્પરેચરમાં બીજા પ્રયેાગ કરતાં વધુ વધારેા થાય છે. આ ઉપરથી ખાતરી થાય છે કે ૧૦૦ ગ્રામ ઊકળતું પાણી અને તેટલુંજ ગરમ ૧૦૦ ગ્રામ લેાખંડ લઇએ તેા પાણીમાં લેાખંડના કરતાં વધુ ઉષ્ણતા રહેલી છે. ઉપરના પ્રયેાગમાં લેાખંડને બદલે બીજી વસ્તુએા લઇએ તેા તે સર્વમાં પાણીની સરખામણીમાં કેટલી ઉષ્ણતા રહેલી છે તેનું માપ નીકળી શકે છે.

એ પ્રમાણે સરખામણી કરવા કરતાં એક ગ્રામ અથવા એક રતલ પાણીને અને તેટલા જ વજનની જુદી જુદી વસ્તુને

લઇને સરખામણી કરીશું તો વધુ સરળતા થશે. એટલા માટે ૧ ગ્રામ પાણીના ટેમ્પરેચરને ૧ ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડ વધારવા જે ગરમી આપવી પડે તેને ઉષ્ણુતાના એકમ (unit) તરીકે લેખવામાં આવે છે અને એ એકમને કૅલૉરી (calori) કહેવામાં આવે છે.

એક કૅલૉરી ઉષ્ણુતા એટલે એક ગ્રામ પાણીનું ૧ ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડ ટેમ્પરેચર વધારવા જોઇતી ગરમી. બ્રિટિશ પદ્ધતિમાં ૧ રતલ પાણીનું ટેમ્પરેચર એક ડિગ્રી ફેરનહીટ વધારવા જે ગરમી જોઇએ તેને એકમ (unit) ઉષ્ણુતા ગણવામાં આવે છે અને તે એકમને એક બ્રિટિશ થર્મલ યુનીટ (British thermal unit) કહેવાય છે. (ટુંકમાં એ B. T. U. કહેવાય છે.)

પાણીને માટે જોઇતી ગરમી ઉપરથી ઉષ્ણુતાનો એકમ નક્કી કરવામાં આવ્યો છે. એટલે એના પ્રમાણમાં બીજી દરેક વસ્તુને જે ઉષ્ણુતા આપવી પડે છે તેને તે વસ્તુની વિશિષ્ટ ઉષ્ણુતા (specific heat) કહેવામાં આવે છે.

એક ગ્રામ વસ્તુનું એક ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડ ટેમ્પરેચર વધારવા જે ગરમી જોઇએ તેને તે વસ્તુની વિશિષ્ટ ઉષ્ણુતા (**specific heat**) કહેવામાં આવે છે.

વિશિષ્ટ ઉષ્ણુતા (વિ. ઉ.) જાણવામાં આવે તો અમુક ટેમ્પરેચર વધારવાથી એક વસ્તુમાં કેટલી ઉષ્ણુતા વધી છે તે જાણી શકાય છે.

ધારો કે વસ્તુનું વજન व છે, તેની વિશિષ્ટ ઉષ્ણુતા उ છે, અને એ વસ્તુનું ટેમ્પરેચર स° સેન્ટિગ્રેડ વધ્યું છે.

એક ડિગ્રી ટેમ્પરેચર વધારવા જોઇતી ઉષ્ણુતા = व × उ કૅલૉરી.

स° સે. ટેમ્પરેચર વધારવા જોઇતી ઉષ્ણુતા = (व × उ × स) કૅલૉરી.

જો એક તાંબાના ટૂકડાનું વજન व = ૧૦૦ ગ્રામ,
વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા उ = ૦.૧,
ટેમ્પરેચરનો વધારો स = ૧° સે. હોય તો
આપેલી કુલ ઉષ્ણતા = ૧૦૦ × ૦.૧ × ૧ = ૧૦ કૅલૉરી

આટલી ઉષ્ણતાને વસ્તુની ઉષ્ણતાધારક શક્તિ (capacity for heat) કહેવામાં આવે છે. આ ઉપરથી લાગે છે કે ઉષ્ણતાધારક શક્તિનો આધાર વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા, વજન અને ટેમ્પરેચરના વધારા ઉપર રહે છે. નીચે કેટલીક વસ્તુની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા જણાવવામાં આવી છે. (પાણીની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા '૧' લેવામાં આવી છે; કારણ કે આપણે તેને એકમ તરીકે લીધી છે.)

પાણી	૧.૦૦૦	સીસું	૦.૦૩૧
ગ્લિસરિન	૦.૬૦૦	પિત્તળ	૦.૦૯૪
પારો	૦.૦૩૩	એલ્યુમિનિયમ	૦.૨૧૮
લોખંડ	૦.૧૧૩	તાંબુ	૦.૦૯૫

૨. વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા અને ઉષ્ણતાનું માપ Specific heat and measurement of heat

એક વસ્તુને કેટલી ગરમી આપવામાં આવી છે તેનું માપ કાઢવું હોય તો તે વસ્તુનું વજન, તેના ટેમ્પરેચરમાં થતો વધારો અને વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા એટલી વસ્તુઓ જાણવી જરૂરની છે. ત્રાંજવા વડે વજન કાઢી શકાય છે અને ટેમ્પરેચર થર્મોમિટર વડે માપી શકાય છે. એટલે માત્ર વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા જ માપવાની રહે છે. ઉપરના કોષ્ટકમાં દર્શાવેલી ઘણીખરી વસ્તુની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા નિયત કરેલી હોય છે. એ દરેક વસ્તુની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતાનું માપ નીચે બતાવ્યા પ્રમાણે કાઢી શકાય છે.

પ્રયોગ (૧) : એક કાચના પ્યાલાનું વજન કરો ($વ_1$). તેમાં થોડું પાણી રેડી તેનું ફરીથી વજન કરો ($વ_2$). ઠંડા પાણીનું ટેમ્પરેચર માપો ($ટ_1$). બીજા પ્યાલામાં પાણીને ગરમ કરો અને ગરમ પાણીનું ટેમ્પરેચર નોંધો ($ટ_2$). હવે થોડાં ગરમ પાણીને ઠંડા પાણીમાં રેડી ભેળક (stirrer) વડે હલાવો અને પાણીના મિશ્રણનું ફરીથી ટેમ્પરેચર નોંધો ($ટ_3$). કાચના પ્યાલાનું ફરીથી વજન કરો ($વ_3$).

ઠંડા પાણીનું વજન = $વ_2 - વ_1$

ગરમ પાણીનું વજન = $વ_3 - વ_2$

ઠંડા પાણીના ટેમ્પરેચરનો વધારો = $ટ_3 - ટ_1$

ગરમ પાણીના ટેમ્પરેચરનો ઘટાડો = $ટ_2 - ટ_3$

પાણીની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા = ૧ કૅલૉરી

ઠંડા પાણીએ મેળવેલી ઉષ્ણતા = પાણીનું વજન × ટેમ્પરેચરનો વધારો × પાણીની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા

= ($વ_2 - વ_1$) × ($ટ_3 - ટ_1$) × ૧ કૅલૉરી

ગરમ પાણીએ ગુમાવેલી ઉષ્ણતા = ($વ_3 - વ_2$) × ($ટ_2 - ટ_3$) × ૧ કૅલૉરી

ઠંડા પાણીએ મેળવેલી ઉષ્ણતા અને ગરમ પાણીએ ગુમાવેલી ઉષ્ણતા સરખી થશે.

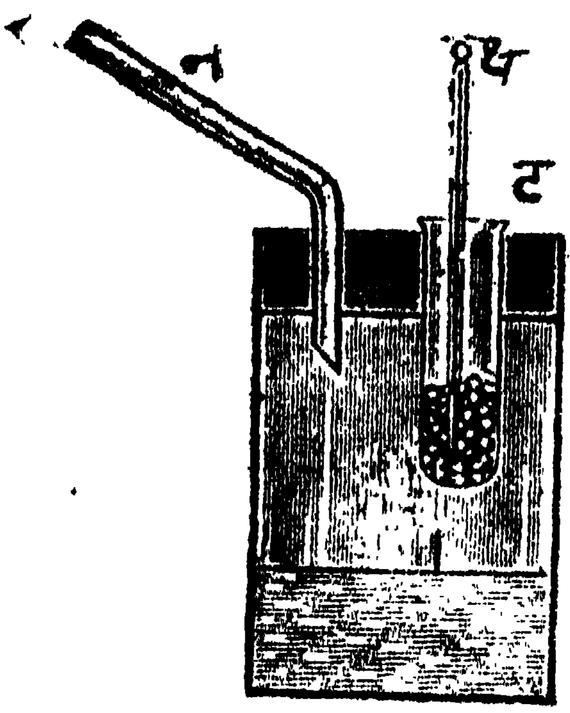
[નોંધ :–કાચનું પ્યાલું પણ થોડી ઉષ્ણતા ગ્રહણ કરી લે છે, પરંતુ તેની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા બહુ ઓછી હોવાથી એ ઉષ્ણતા બહુ નજીવી હોય છે. વળી કાચ મંદ ઉષ્ણતાવાહક હોય છે તેથી પ્યાલામાંની ઉષ્ણતા બહાર ચાલી જતી નથી.]

ઉપરના પ્રયોગથી માલૂમ પડશે કે એક ગરમ અને બીજી ઠંડી વસ્તુને ભેળીએ તો તે બન્ને અરસપરસ ગરમીની આપ લે કરે છે અને તેમનું ટેમ્પરેચર સરખું થઈ જાય છે. વળી ઠંડી વસ્તુ જેટલી ઉષ્ણતા મેળવે છે તેટલીજ ઉષ્ણતા ગરમ વસ્તુ ગુમાવે છે. ટૂંકમાં ઉષ્ણતાનો વિનિમય થાય છે અને

હમેશાં જેટલી ઉષ્ણતા એક વસ્તુમાંથી ઘટે છે તેટલી ઉષ્ણતા તેની સાથે ભળતી બીજી ઠંડી વસ્તુ ગ્રહણ કરે છે.

પ્રયેાગ (૨): એક કાચના પ્યાલાનું વજન કરેા ($વ_{૧}$). તેમાં થેાડું પાણી લઇ ફરીથી વજન કરેા ($વ_{૨}$). ઠંડા પાણીનું ટેમ્પરેચર નેાંધેા ($ટ_{૧}$). થેાડા લેાખંડના ટુકડા લઇ તેનું વજન કરેા ($વ_{૩}$). એ ટુકડાને એક ધાતુની નળી (ટ)માં નાંખેા અને નળીને એક ધાતુના પ્યાલામાં આકૃતિ (૧૪૪)માં બતાવ્યા મુજબ રાખેા. નળીમાં એક થર્મોમિટર (થ) મૂકેા. નળીનું મેાં રૂ વડે બંધ કરેા. પ્યાલાનું મેાં બૂચ વડે બંધ કરેલું છે અને તેમાં એક નળી (ન) રાખેલી છે. પ્યાલામાં થેાડું પાણી રેડી ઊકાળેા. વરાળ (ન) નળીવાટે બહાર જશે. જ્યારે લેાખંડના ટુકડાનું ટેમ્પરેચર સ્થિર રહે, ત્યારે તેની નેાંધ કરેા ($ટ_{૨}$). હવે નળીને ઝડપથી કાઢી લઇ તેમાંના લેાખંડના ટુકડાને તેાલેલા ઠંડા પાણીમાં નાંખેા. પાણીને કાચના સળિયા (ભળક) વડે હલાવેા અને તેનું ટેમ્પરેચર ઝટ નેાંધી લેા ($ટ_{૩}$). ધારેા કે લેાખંડની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા ક્ષ છે. (પ્રયેાગ ૧માં સમજાવ્યા મુજબ કાચના પ્યાલાએ લઇ લીધેલી ઉષ્ણતા નજીવી જ છે.)

આકૃતિ ૧૪૪



ઠંડા પાણીનું વજન = $વ_{૨} - વ_{૧}$

ઠંડા પાણીના ટેમ્પરેચરમાં વધારેા = $ટ_{૩} - ટ_{૧}$

લેાખંડના ટેમ્પરેચરનેા ઘટાડેા = $ટ_{૨} - ટ_{૩}$

ઠંડા પાણીએ મેળવેલી ઉષ્ણતા = પાણીનું વજન × ટેમ્પરેચરનેા વધારેા × ૧

$= (વ_{૨} - વ_{૧}) \times (ટ_{૩} - ટ_{૧}) \times ૧$

લેાખંડના ટુકડાએ ગુમાવેલી ઉષ્ણતા = લેાખંડનું વજન × વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા × ટેમ્પરેચરનેા ઘટાડેા

$= વ_{૩} \times ક્ષ \times (ટ_{૨} - ટ_{૩})$

હવે

પાણીએ મેળવેલી ઉષ્ણુતા = લેાખંડે ગુમાવેલી ઉષ્ણુતા
એટલે

$$(\text{વ}_2 - \text{વ}_1) \times (\text{ટ}_3 - \text{ટ}_1) = \text{વ}_3 \times \text{ક્ષ} \times (\text{ટ}_2 - \text{ટ}_3)$$

$$\text{ક્ષ} = \frac{(\text{વ}_2 - \text{વ}_1) \times (\text{ટ}_3 - \text{ટ}_1)}{\text{વ}_3 \times (\text{ટ}_2 - \text{ટ}_3)}$$

= લેાખંડની વિશિષ્ટ ઉષ્ણુતા.

એજ પ્રમાણે બીજી ધાતુના ટુકડા લઇ તેની વિશિષ્ટ ઉષ્ણુતા શેાધી કાઢેા.

ઉપરના પ્રયેાગની રીતને મિશ્રણુની રીત (method of mixture) કહેવામાં આવે છે. ઉષ્ણુતાના જથ્થામાં ફેરફાર થાય તે, વિશિષ્ટ ઉષ્ણુતા અથવા ગુપ્ત ઉષ્ણુતા શેાધવા માટે આ રીત ઉપયેાગમાં લેવાય છે. એમાં ઠંડી વસ્તુ અને ગરમ વસ્તુને ભેળીને ઠંડી વસ્તુએ મેળવેલી ઉષ્ણુતાને ગરમ વસ્તુએ ગુમાવેલી ઉષ્ણુતા સાથે સરખાવવામાં આવે છે અને તેમાં જે અજ્ઞાત વસ્તુ હેાય તેને શેાધી કાઢવામાં આવે છે.

૩. પીગળતું બરફ અને ઉકળતું પાણી Melting ice and boiling water

પ્રયેાગ (૧) :–એક કાચની બરણીમાં ભૂકેા કરેલું બરફ નાંખેા. તેમાં થર્મોમિટર મૂકી ટેમ્પરેચર નેાંધેા. બરણીને નીચેથી સ્પિરિટ બર્નર વડે તપાવેા. બરફનું પાણી થવા લાગે છે, પરંતુ ટેમ્પરેચર શૂન્ય ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડ જેટલુંજ રહે છે. બધા બરફનું પાણી થઇ રહ્યા પછી જ ટેમ્પરેચર વધતું માલમ પડે છે અને તે પાણી ઊકળે ત્યાં સુધી ટેમ્પરેચર વધે છે. પાણી ઊકળવા લાગે એટલે વળી ટેમ્પરેચર વધતું અટકે છે અને લગભગ ૧૦૦ ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડ આગળ સ્થિર રહે છે. બધા પાણીની વરાળ થઇ જાય ત્યાં સુધી ટેમ્પરેચર

તેનું તેજ રહે છે. બરફ પીગળે તે દરમિયાન અને પાણીની વરાળ થાય તે દરમિયાન આપેલી ગરમીનું શું થાય છે. ?

ઉપરના પ્રયોગમાંથી સહેજે સમજાય છે કે બરફ પીગળે ત્યારે ઘણી ગરમી બરફનું પાણી કરવામાં જ ગુપ્ત રીતે વપરાઇ જાય છે અને તેના ટેમ્પરેચરમાં બિલકુલ વધારો થતો નથી. પાણી ઊકળે છે અને તેની વરાળ બને છે ત્યારે પણ પુષ્કળ ગરમી આપવી પડે છે; અને તે વખતે પણ પાણીનું ટેમ્પરેચર વધતું નથી; એટલે પાણીનું વરાળમાં રૂપાન્તર કરવામાં પણ પુષ્કળ ગરમી ગુપ્ત રીતે વપરાઇ જાય છે. લગભગ બધી જ વસ્તુઓ જે વખતે ઘનમાંથી પ્રવાહી સ્વરૂપમાં રૂપાંતર થાય તે વેળા અને પ્રવાહી વાયુરૂપમાં રૂપાંતર થાય તે વેળા જે ગરમી જોઇએ તે થર્મોમિટર વડે નોંધી શકાતી નથી; કારણ કે તે વેળા ટેમ્પરેચરના ફેરફાર થતા નથી અને ગરમી ગુપ્ત રીતે વપરાય છે. આવી રીતે વસ્તુના સ્વરૂપમાં ફેરફાર કરવામાં વપરાતી ગરમીને ગુપ્ત ઉષ્ણુતા (latent heat) કહેવામાં આવે છે. આથી ઉલટું ધારો કે વરાળને ઠંડી પાડી તેનું પાણી બનાવીએ તો તેમાંથી પુષ્કળ ગુપ્ત ઉષ્ણુતા બહાર પડશે. પાણીને ઠંડુ કરી તેનું બરફ બનાવીએ તો પણ તેમાંથી ઘણી ગરમી બહાર પડે છે. જે વખતે આ ગુપ્ત ગરમી આપવામાં આવે અથવા બહાર પડે છે તે વેળા ટેમ્પરેચર એકસરખું જ રહે છે.

એકજ ટેમ્પરેચરે એક આમ વસ્તુને ઘનમાંથી પ્રવાહી રૂપમાં લાવવા અથવા એક આમ વસ્તુને પ્રવાહીમાંથી વાયુરૂપમાં લાવવા સારૂ જે ઉષ્ણુતા જોઇએ તેને વસ્તુની ગુપ્ત ઉષ્ણુતા કહેવામાં આવે છે.

૪. ગલન ગુપ્ત ઉષ્ણુતા અને બાષ્પીભવન ગુપ્ત ઉષ્ણુતા Latent heat of fusion and latent heat of vaporisation

ઉપર દર્શાવ્યા પ્રમાણે 'ગુપ્ત ઉષ્ણુતા' બે પ્રકારે વપરાય છે. ઘનમાંથી પ્રવાહી રૂપમાં લઇ જવા જે 'ગુપ્ત ગરમી, જોઇએ એને 'ગલન ગુપ્ત ઉષ્ણુતા, latent heat of fusion' અથવા પીગળાવવા માટે જોઇતી ગરમી, અને પ્રવાહીને વાયુમાં ફેરવવા જે 'ગુપ્ત ગરમી' વપરાય એને 'બાષ્પીભવન ગુપ્ત ઉષ્ણુતા'–latent heat of vaporisation' કહેવામાં આવે છે.

એક જ ટેમ્પરેચરે (૦°સે.) એક ગ્રામ બરફનું પાણી બનાવવા જે ગરમી આપવી પડે અથવા એક ગ્રામ પાણીનું બરફ બનાવવા જે ગરમી દૂર કરવી પડે તેને બરફની ગલન ગુપ્ત ઉષ્ણુતા કહેવામાં આવે છે.

એક જ ટેમ્પરેચરે (૧૦૦°સે.) એક ગ્રામ ઉકળતાં પાણીની વરાળ બનાવવાને જે ગરમી આપવી પડે અથવા એક ગ્રામ વરાળનું પાણી બનાવવામાં જે ગરમી દૂર કરવો પડે તેને પાણીની બાષ્પીભવન ગુપ્ત ઉષ્ણુતા કહેવામાં આવે છે.

એક ગ્રામ બરફનું ૦° સે. ટેમ્પરેચરે સંપૂર્ણ પાણી બનાવવામાં આવે છે, ત્યારે એને ૮૦ કૅલૉરી ઉષ્ણુતા આપવી આપવી પડે છે. એટલે બરફની 'ગલન ગુપ્ત ઉષ્ણુતા (latent heat of fusion)' ૮૦ કૅલૉરી છે. એક ગ્રામ પાણીને ઉત્કલનબિંદુ આગળ (૧૦૦°સે.) વરાળ બનાવવા ૫૪૦ કૅલૉરી ઉષ્ણુતા જોઇએ છે; એટલે પાણીની 'બાષ્પીભવન ગુપ્ત ઉષ્ણુતા (latent heat of vaporisation)' ૫૪૦ કૅલૉરી છે.

એક ગ્રામ બરફને ગરમ કરી પ્રવાહી બનાવીએ અને તે પાણીને ઉકાળીને વરાળ બનાવીએ તો તેને માટે કુલ ઉષ્ણતા નીચે મુજબની જોઇશે.

૦°સે. ટેમ્પરેચરે ૧ ગ્રામ બરફનું સંપૂર્ણ પાણી બનાવવા માટે જોઇતી ગલન ગુપ્ત ઉષ્ણતા	= ૮૦ કૅલૉરી
૦°સે. થી ૧૦૦°સે. સુધી ૧ ગ્રામ પાણીને ગરમ કરવા માટે જોઇતી ઉષ્ણતા	= ૧૦૦ કૅલૉરી
૧૦૦°સે. ટેમ્પરેચરે ૧ ગ્રામ પાણીની વરાળ બનાવવા જોઇતી બાષ્પીભવન ગુપ્ત ઉષ્ણતા	= ૫૪૦ કૅલૉરી

એટલે

૧ ગ્રામ બરફને ૦°સે.થી ગરમ કરી ૧૦૦°સે. ટેમ્પરેચરે વરાળ બનાવવા જોઇતી કુલ ઉષ્ણતા	= ૭૨૦ કૅલૉરી

૫. ગુપ્ત ઉષ્ણતા કેવી રીતે વપરાય છે? આપણે જોયું છે કે બરફનું શૂન્ય સેન્ટિગ્રેડે પાણી બનાવીએ તો તેને ગુપ્ત ઉષ્ણતા આપવી પડે છે; જ્યારે પાણીને શૂન્ય ડિગ્રીએ બરફ બનાવીએ તો તેમાંથી ગુપ્ત ઉષ્ણતા કાઢી લેવી પડે છે. આ ઉપરથી એમ સમજાય છે કે ગુપ્ત ઉષ્ણતા બરફના અથવા પાણીના અણુની અવસ્થાના ફેરફાર કરવામાં વપરાય છે. વસ્તુના ત્રણ સ્વરૂપમાં (ઘન, પ્રવાહી અને વાયુમાં) ઘન વસ્તુના અણુ એકમેક સાથે ઘણા બળથી આકર્ષાયેલા રહે છે. તેને ઉષ્ણતા આપી પ્રવાહી બનાવીએ એટલે તેના અણુને અરસપરસ આકર્ષણ બળથી મૂક્ત કરીએ છીએ, અને તેથી જ પ્રવાહીના અણુ સહેલાઇથી એકબીજાથી છૂટા પાડી શકાય છે. વાયુના અણુ પ્રવાહીથી પણ વધુ મૂક્ત

હોય છે. આવી રીતે પ્રવાહીના અણુને વાયુરૂપ અણુમાં ફેરવવા માટે ગુપ્ત ઉષ્ણુતાની જરૂર પડે છે. આમ ગુપ્ત ઉષ્ણુતા અણુને અરસપરસના આકર્ષણ બળમાંથી મૂક્ત કરી છૂટા પાડવામાં વપરાય છે. એથી ઉલટું જો અણુને નજીક લાવી વાયુમાંથી પ્રવાહી અગર પ્રવાહીમાંથી ઘન રૂપમાં લાવીએ તો તે અણુ થોડી ઉષ્ણુતાને બહાર પાડશે; એટલે ઘન વસ્તુ કરતાં પ્રવાહીનાં અણુમાં અને પ્રવાહીના અણુ કરતાં વાયુના અણુમાં વિશેષ શકિત હોય છે.

ઘણી જ ઠંડીના દિવસમાં જો તળાવના પાણીનો બરફ થવા માંડે તો પાણીમાંથી પુષ્કળ ગુપ્ત ઉષ્ણુતા બહાર પડે છે. આથી તળાવ ઉપરની હવા એકંદરે વધુ ગરમ રહે છે. હિમ પડતું હોય ત્યારે ખેતરોમાં પાણી ભરેલાં હોય તો તેને ઘણુંખરૂં હિમ લાગતું નથી; કારણ કે પાણીનું બરફ થતાં પાણીમાંથી જે ગુપ્ત ઉષ્ણુતા બહાર પડે છે તેનાથી વનસ્પતિને અને હવામાનને પૂરતી ગરમી મળી રહે છે.

બરફની વરાળ બનાવવા જોઇતી ગરમી નીચે પ્રમાણે મળે છે.

૧ ગ્રામ (૦ ° સે.) બરફની (૧૦૦°સે.) વરાળ કરવા માટે જોઇતી કુલ ઉષ્ણુતા = ૭૨૦ કૅલૉરી

આ ઉપરથી ગમે તેટલા વજનના બરફને ગરમ કરી વરાળ બનાવીએ તો તેને માટે જોઇતી ઉષ્ણુતાની ગણુતરી કરી શકાય છે.

બરફની ગલન ઉષ્ણુતા નીચેના પ્રયોગથી મળે છે.

પ્રયોગ (૧):—એક કાચના પ્યાલાનું તોલ કરો ($વ_1$). તેમાં થોડું ઠંડું પાણી નાંખો તેનું વજન કરો ($વ_2$). ઠંડા પાણીનું ટેમ્પરેચર નોંધો ($ટ_1$). હવે એ પાણીમાં એક મોટો બરફનો ટુકડો લઇને તેને એક બ્લોટીંગ વડે સૂકો બનાવી નાંખો. પાણીને કાચના ભેળક વડે હલાવો. બરફ ઓગળી રહે કે તુરત જ પ્યાલામાંના મિશ્ર

પાણીનું ટેમ્પરેચર કેટલું થયું તેની પાછી નોંધ કરો (ટ$_{૨}$). ફરીથી કાચના પ્યાલાનું વજન કરો (વ$_{૩}$). ધારો કે બરફની ગલન ઉષ્ણુતા ક્ષ છે.

પાણીનું વજન = (વ$_{૨}$ − વ$_{૧}$)

પાણીના ટેમ્પરેચરમાં ઘટાડો = (ટ$_{૧}$ − ટ$_{૨}$)

બરફનું વજન = (વ$_{૩}$ − વ$_{૨}$)

બરફના પાણીના ટેમ્પરેચરમાં વધારો = (ટ$_{૨}$ − 0) = ટ$_{૨}$

કુલ ગલન ગુપ્ત ઉષ્ણુતા = ક્ષ × (વ$_{૩}$ − વ$_{૨}$)

પાણીએ ગુમાવેલી ઉષ્ણુતા = પાણીનું વજન × ટેમ્પરેચરનો ઘટાડો × વિ. ઉ.

= (વ$_{૨}$ − વ$_{૧}$) × (ટ$_{૧}$ − ટ$_{૨}$) × ૧

બરફે મેળવેલી ઉષ્ણુતા } = (ગલન ઉષ્ણુતા) + (બરફના પાણીનું વજન × ટેમ્પરેચરનો ઘટાડો × વિ. ઉ.)

= ક્ષ × (વ$_{૩}$ − વ$_{૨}$) + (વ$_{૩}$ − વ$_{૨}$) × (ટ$_{૨}$) × ૧

(નોંધઃ—બરફ બે રીતે ઉષ્ણુતા મેળવે છે. જ્યારે 0° સે. ટેમ્પરેચરે બરફનું પાણી થાય ત્યારે તે ગલન ઉષ્ણુતા મેળવે છે. બધું બરફ ઓગળી રહે એટલે 0° સે. ના પાણીનું ટેમ્પરેચર વળી પાછું વધે છે ત્યારે બીજી ઉષ્ણુતા મેળવે છે. કાચના જામે મેળવેલી ઉષ્ણુતા નજીવી જ છે.)

એટલે પાણીએ ગુમાવેલી ઉષ્ણુતા = બરફે મેળવેલી ઉષ્ણુતા

(વ$_{૨}$ − વ$_{૧}$) × (ટ$_{૧}$ − ટ$_{૨}$) = ક્ષ × (વ$_{૩}$ − વ$_{૨}$) + (વ$_{૩}$ − વ$_{૨}$) × ટ$_{૨}$

ક્ષ × (વ$_{૩}$−વ$_{૨}$) = (વ$_{૨}$−વ$_{૧}$) × (ટ$_{૧}$−ટ$_{૨}$) − (વ$_{૩}$−વ$_{૨}$) × ટ$_{૨}$

$$= \frac{(વ_{૨}-વ_{૧})}{(વ_{૩}-વ_{૩})} \times (ટ_{૧}-ટ_{૨}) - ટ_{૨}$$

વરાળનું પાણી થાય છે ત્યારે પણ પુષ્કળ ઉષ્ણુતા બહાર પડે છે. જો આપણે વરાળથી દાઝીએ તો વરાળનું ટેમ્પરેચર ૧૦૦° સે. હોવા ઉપરાંત તેમાં ઘણી ગુપ્ત ઉષ્ણુતા (બાષ્પીભવન ઉષ્ણુતા) રહેલી છે એટલે વરાળ ચામડીને લાગતાં ગુપ્ત ઉષ્ણુતાની અને ૧૦૦° સે. જેટલાં ટેમ્પરેચરની સાથે અસર થાય છે. જો

૧૦૦° સે. ગરમ પાણીથી જ દાઝીએ તો તેથી ઓછું નુકશાન થશે; કારણ કે તેમાંથી ગુપ્ત ઉષ્ણુતા બહાર નથી પડતી. આ કારણથી ઊકળતા પાણીથી અને વરાળથી દાઝીએ તો વરાળની અસર વધુ ખરાબ થશે.

૬. મંદ બાષ્પીભવન અને ટેમ્પરેચરનો ઘટાડો
Evaporation and lowering of temperature

આપણા હાથ ઉપર સ્પિરિટ, આલ્કોહૉલ કે ઇથર જેવાં જલદી ઊડી જાય તેવાં પ્રવાહી રેડીએ તો આપણો હાથ ઠંડો થતો લાગે છે. આનું કારણ એ છે કે પ્રવાહી વાયુરૂપ થાય છે ત્યારે તેના અણુને ગુપ્ત ઉષ્ણુતા આપવી પડે છે. એ ઉષ્ણુતા આપણા હાથના અણુમાંથી લઇ લેવામાં આવે છે અને તેથી તે ઠંડો પડે છે. આથી મંદ બાષ્પીભવન (evaporation) થાય છે ત્યારે જે વસ્તુ ઉપરથી પ્રવાહી ઊડી જાય છે તેમાંથી ઉષ્ણુતા લઈ લે છે, અને તેથી જ તે વસ્તુનું ટેમ્પરેચર ઓછું થાય છે. આપણુને ખૂબ તાપ લાગ્યો હોય અને પરસેવાના પુષ્કળ બિંદુ બાઝયાં હોય તો આપણે પંખા નીચે બેસીએ છીએ. આથી પરસેવાનું મંદ બાષ્પીભવન થાય છે અને તેને લીધે આપણા શરીરમાંથી પુષ્કળ ગરમી પરસેવાનાં બિંદુનું બાષ્પીભવન કરવામાં વપરાય છે, અને તેથી આપણુને ઘણી ઠંડક લાગે છે. એક એલ્યુમિનિયમના પ્યાલામાં ઇથર નામનું પ્રવાહી લઈને તેમાં એક પોલી નળી મૂકી ખૂબ જોરથી અંદર હવાનો સંચાર કરીએ તો તે પ્રવાહીનું ઝડપથી મંદ બાષ્પીભવન થાય છે; અને તેથી તે ઘણુંજ ઠંડુ થઇ જાય છે. લાંબો વખત એમ ચાલુ રાખવાથી એલ્યુમિનિયમનો પ્યાલો ખૂબ ઠંડો થઈ જાય છે અને પ્યાલાની બહારની બાજુની

નજીકની હવા ઠંડી થવાથી હવામાં રહેલા ભેજમાંથી પાણીનાં બિંદુ પ્યાલાની બહારની બાજુ ઉપર ઝાકળની પેઠે બાઝી જાય છે.

ચહા પીતી વખતે આપણે ગરમ ચહાની રકાબીમાં દર વખતે ફૂંક મારી ચહાનો ઘૂંટડો ભરીએ છીએ. એથી આપણને ચહા બહુ ગરમ નથી લાગતી. આનું કારણ એ છે કે દરેક વખતે ફૂંક મારવાથી મોંના ભેજનું મંદ બાષ્પીભવન થવાથી મોં ઠંડુ પડે છે અને તેથી ચહાનો ઘુંટડો ગરમ હોવા છતાં દાઝતા નથી. જો એકી ફૂંકે ચહા ઠંડી પડી જતી હોત તો વારંવાર ફૂંક મારી ચહા પીવી પડતે નહિ. એટલે ચહાની ઉષ્ણતા ખાસ ઘટી જતી નથી, પરંતુ બાષ્પીભવનથી મોંની ગરમી ઓછી થાય છે અને તેથીજ ચહા વડે મોં બળતું નથી.

૭. બાષ્પીભવન અને ઉત્કલન વચ્ચેનો ભેદ
Difference between boiling and evaporation

ભીના કપડાં છાંયડામાં સુકવીએ છીએ તો યે થોડીવારમાં અંદરનો ભેજ ઊડી જાય છે. એક ઓરડામાં પાણી ઢોળાયું હોય તે પણ થોડી વારમાં ઊડી જાય છે. એ ઉપરથી અનુમાન થાય છે કે સાધારણ રીતે પાણીનું હંમેશાં મંદ બાષ્પીભવન (evaporation) થયાજ કરે છે; અને જેમ ટેમ્પરેચર વધુ હોય તેમ બાષ્પીભવન ઝડપથી થાય છે. હવાનો પ્રવાહ પાણી ઉપરથી પસાર થતો હોય તો પણ મંદ બાષ્પીભવન ઝડપથી થાય છે. હવા સુકી હોય તો પણ મંદ બાષ્પીભવન વધુ થાય છે. પાણીની સપાટી જેમ વધુ મોટી હોય તેમ બાષ્પીભવન વધુ થાય છે. એટલે બાષ્પીભવન ઝડપી અને વધુ બનાવવામાં નીચેની પરિસ્થિતિ મદદ કરે છે: (૧) વિસ્તૃત સપાટી, (૨) વધુ ટેમ્પરેચર, (૩) હવાનો ઝડપી પ્રવાહ અને (૪) સુકી હવા.

ઉત્કલન (boiling) વેળા પણ પાણીનું બાષ્પીભવન (evaporation) થાય છે; પરંતુ તે ઘણુંજ ઝડપથી થાય છે. પાણી ઊકળતું હોય છે ત્યારે વાસણના તળિયાંમાંથી ઝડપથી પરપોટા નીકળે છે. એ પરપોટા પાણીની વરાળના છે; એટલે ઉત્કલન વેળા બાષ્પીભવન માત્ર સપાટી ઉપર જ ન થતાં પાણીની અંદર પણ થાય છે. એવાં બાષ્પીભવનને આપણે જલદ બાષ્પીભવન (vaporisation) કહીએ છીએ. ઉત્કલન વખતે થતું જલદ બાષ્પીભવન (vaporisation) એક ચોક્કસ ટેમ્પરેચરે જ થાય છે; જ્યારે મંદ બાષ્પીભવન (evaporation) ગમે તે ટેમ્પરેચરે થાય છે.

૮. વાદળ, હવાનો ભેજ અને ઝાકળ

પૃથ્વીની સપાટીનો લગભગ ત્રણ ચતુર્થાંશ ભાગ સમુદ્રના પાણીથી વિંટાળાયેલો છે. એના ઉપર સૂર્યનો તાપ પડવાથી હમેશાં પાણીનું મંદ બાષ્પીભવન થયા કરે છે.

ભેજ હવામાં હમેશાં કાયમ રહે છે. શિયાળામાં ભેજ ઓછો હોય છે, ઊનાળામાં વિશેષ હોય છે, અને ચોમાસામાં સૌથી વધુ ભેજ હોય છે. પ્યાલામાં બરફ નાંખી આપણે કોઇ પીણું લઇએ છીએ ત્યારે પ્યાલાના બહારની બાજુએ પાણીનાં બિંદુ બાઝી જાય છે. આથી સ્પષ્ટ થાય છે કે બહારની હવામાં ભેજ રહેલો છે અને ટેમ્પરેચર ઓછું થતા તેમાંનો કેટલોક ભેજ પાણીના બિંદુરૂપે ઠરી જાય છે. ખાસ કરીને ઠંડીના દિવસોમાં સવારે વનસ્પતિ ઉપર ઝાકળનાં બિંદુ ઠરેલાં માલૂમ પડે છે. વળી કેટલીક વાર ઝાકળ પડ્યા ઉપરાંત ધુમ્મસ પણ વરસે છે. ધુમ્મસ એટલે એક જાતનું વાદળનું રૂપ. રાતની ઘણી ઠંડીને લીધે હવામાં રહેલો ભેજ તેમાં રહી શકતો નથી; એટલે

એમાંથી સૂક્ષ્મ પાણીના બિંદુઓ બંધાય છે અને વાદળરૂપે દેખાય છે. એ વાદળના બિંદુ સૂક્ષ્મ હોવાથી હવામાં તરતાં રહે છે.

જે પ્રદેશમાં લાંબો વખત તાપ પડે છે ત્યાંની હવા એકંદરે પાતળી થઇને ઊંચે ચઢે છે અને તેથી હવાનું દબાણ ઓછું થાય છે. એ ઓછાં દબાણવાળા પ્રદેશમાં સમુદ્રનો ભેજ અને વાદળવાળો પવન ધસી જાય છે અને તે હવાના પ્રવાહની સાથે ઊંચે ચઢે છે. એમ થવાથી તે હવા ઓછાં ટેમ્પરેચરવાળા વાતાવરણમાં દાખલ થાય છે, અને એ રીતે હવા એકાએક ઠંડી પડવાથી તેમાંથી પાણીના બિંદુ બંધાય છે. આમ એ વાદળના બિંદુ મોટાં થાય છે અને છેવટે વરસાદરૂપે નીચે પડે છે. તેમાંથી વાદળની પેઠે પાણીનાં સૂક્ષ્મ બિંદુ ધૂળના રજકણના કેન્દ્ર ઉપર સામાન્ય રીતે બંધાય છે. સપાટી ઉપર માત્ર એક સ્થળના ટેમ્પરેચરના ઘટાડાથી હવામાં પાણીનાં બિંદુ બંધાય છે, ત્યારે એને આપણે ધુમ્મસ કહીએ છીએ. હવાના પ્રવાહો ઊંચે ચઢવાથી થતા દબાણ અને ટેમ્પરેચરના ઘટાડાથી વાદળાંની ઉત્પત્તિ થાય છે.

કેટલોક ભેજ ઠરી જઇને મોટા બિંદુરૂપે વનસ્પતિ અને બીજી વસ્તુ ઉપર બાઝે છે. તેને ઝાકળ કહેવામાં આવે છે. હવા કેટલી ઠંડી થાય તો ઝાકળ બાઝે એ ઘટના સાદા પ્રયોગ વડે નક્કી કરી શકાય છે.

પ્રયોગઃ–એક ચળકતી બાજુવાળું ઍલ્યુમિનિયમનું જામ લો. તેમાં થોડું પાણી રેડો અને તેમાં એક થર્મોમિટર રાખો. ધીમે ધીમે બરફના નાના ટુકડાને પાણીમાં નાંખી પાણીને હલાવતા રહો. જામની બહારની બાજુ ઉપર ઝાકળનાં બિંદુ બંધાવા લાગે ત્યારનું ટેમ્પરેચર નોંધો. એ ટેમ્પરેચર તે ઝાકળબિંદુ છે.

જે ટેમ્પરેચરે હવામાંનો ભેજ ઠરીને પાણીના બિંદુરૂપે બંધાવા લાગે છે, તે ટેમ્પરેચરને ઝાકળબિંદુ (dew-point) કહેવામાં આવે છે.

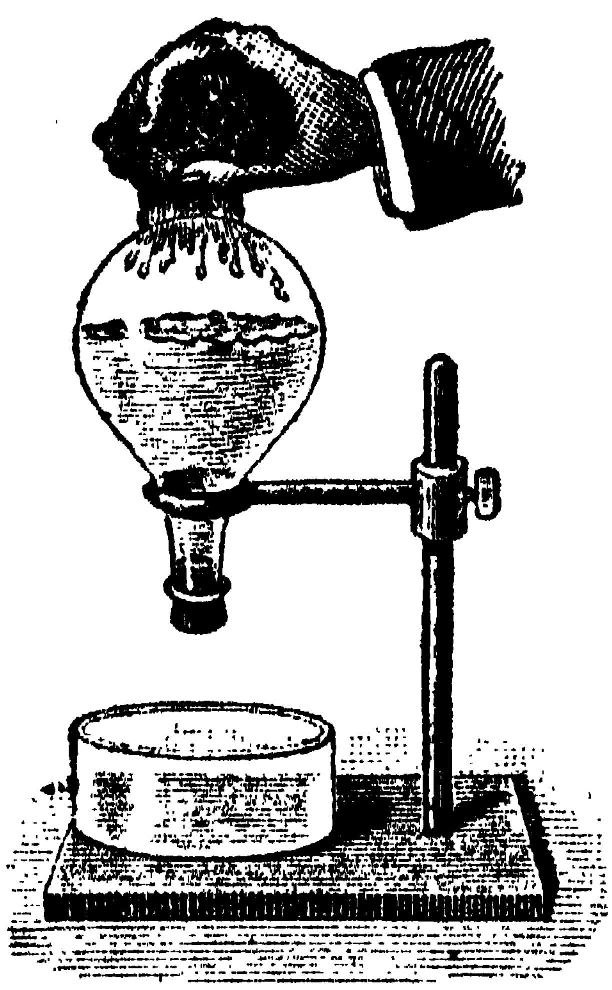
ઝાકળ બંધાય તો પણ હવામાં હમેશાં અમુક પ્રમાણમાં ભેજ તો રહે છે જ. દરેક ટેમ્પરેચરે હવામાં વધુમાં વધુ અમુક પ્રમાણમાં જ ભેજ રહી શકે છે. ઓછાં ટેમ્પરેચરે હવામાં થોડો ભેજ રહી શકે છે અને વધુ ટેમ્પરેચરે વધુ ભેજ રહી શકે છે. આમ હવાનું ટેમ્પરેચર ઓછું કરવામાં આવે તો અંદરનો ભેજ અમુક ટેમ્પરેચર સુધી જ રહી શકશે. વળી ટેમ્પરેચર તેથી પણ ઓછું કરીએ તો વધારાનો ભેજ ઝાકળરૂપે ઠરી જાય છે. શિયાળામાં હવામાં ભેજ ઓછો હોય છે, એટલે ઝાકળબિંદુ ઘણાં ઓછાં ટેમ્પરેચરે આવે છે. ઊનાળા અને ચોમાસામાં ઝાકળબિંદુ ઊંચા ટેમ્પરેચરે હોય છે. જો હવામાં હદ ઉપરાંતનો ભેજ હોય તો તે જ ટેમ્પરેચરે ઝાકળ બંધાશે અને હવાને ઠંડી કરવાની જરૂર પડશે નહિ. ચોમાસામાં હવામાન ઘણું ઠંડુ થઇ ગયું હોય અને પુષ્કળ વરસાદ આવતો હોય, ત્યારે કાચની બારીના અંદરના ભાગમાં ઝાકળનાં બિંદુ બાઝેલાં માલૂમ પડે છે. એનું કારણ એ છે કે હવામાં અમુક પ્રમાણથી વધુ ભેજ રહી શકતો નથી. ભેજનું પ્રમાણ જ્યારે વધી જાય છે ત્યારે વધારાનો ભેજ ઘન વસ્તુના કેન્દ્ર (nucleus) ઉપર ઠરે છે અને તેના ઝાકળનાં બિંદુ બંધાય છે.

૯. હવાના દબાણની ઉત્કલનબિંદુ (boiling point) ઉપર અસર

દરિયાની સપાટી નજીક પાણી હંમેશાં ૧૦૦°સે. ટેમ્પરેચરે ઊકળે છે. પરંતુ હવાના દબાણના ફેરફારની સાથે

ઉત્કલનબિંદુ (boiling point) માં પણ ઘણો ફેરફાર થાય છે. ઊંચા પર્વતના શિખર ઉપર જઇએ તો માલૂમ પડે છે કે પાણી ૧૦૦° સે. થી ઓછાં ટેમ્પરેચરે ઊકળે છે. ઊંડી ખાણ (mine) માં જઈએ તો હવાનું દબાણ વધુ થવાથી પાણી ૧૦૦°સે. થી વધુ ટેમ્પરેચરે ઊકળે છે.

આકૃતિ ૧૪૫



નીચેના પ્રયોગ વડે ઓછા દબાણમાં પાણીનું ઉત્કલનબિન્દુ નીચું ઊતરે છે તે સમજાય છે.

પ્રયોગ : પ્રથમ એક કાચની બરણી લો અને તેમાં અર્ધું પાણી ભરીને ઊકાળો. પાણી ઊકળવા લાગે કે તુરત એમાં હવા ન પ્રવેશે એવો બૂચ લગાડી બંધ કરો અને આકૃતિ (૧૪૫) માં બતાવ્યા પ્રમાણે ઊંધી રાખો. હવે પાણી ઊકળતું બંધ થયેલું માલૂમ પડશે. એકાદ વાદળી અથવા કપડાંને ભીંજાવી તેના ઉપર પાણી નીચોવશો તો અંદરનું પાણી ઊકળવા માંડશે. (અંદરના પાણીનું ટેમ્પરેચર ૧૦૦° સે.થી ઓછું હશે.)

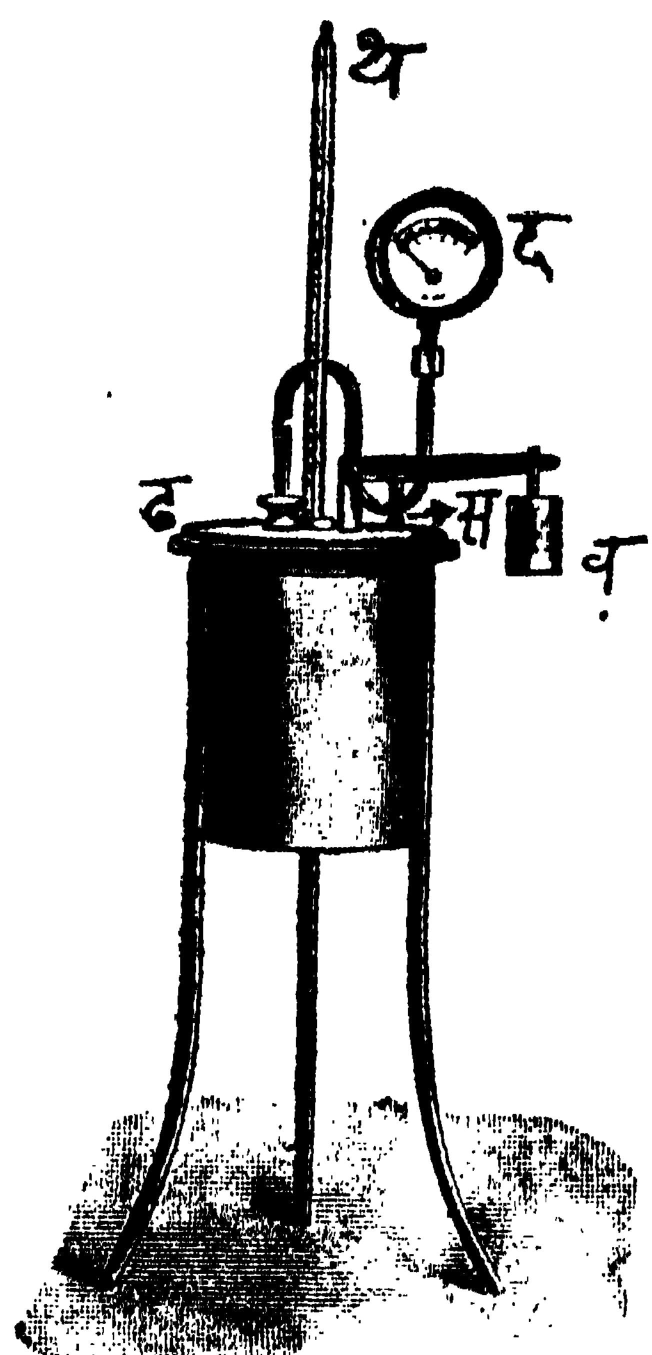
ઉપરના પ્રયોગમાં ઓછાં ટેમ્પરેચરે પાણી ઊકળવાનું કારણ એ છે કે બરણીમાં પાણીની ઉપરનો ભાગ વરાળથી જ ભરેલો છે અને તેના ઉપર ઠંડુ પાણી રેડતાં તેમાંની કેટલીક વરાળનું પાણી બની જતાં અંદરનું દબાણ એકાએક ઓછું થાય છે. પાણીની ઉપરનું દબાણ ઓછું થવાથી, પાણીનું ટેમ્પરેચર ૧૦૦° સે. ન હોવા છતાં પણ તે ઊકળવા માંડે છે. આજ કારણથી ઊંચા પર્વત ઉપર દબાણ ઓછું હોવાથી ચહા બનાવવા

માટેનું ઊકળતું પાણી ઓછાં ટેમ્પરેચરે હોય છે અને તેથી ચહા સારી બનતી નથી.

આમ પ્રયોગો વડે સિદ્ધ થાય છે કે

હવાનું દબાણ જેમ વધુ તેમ પ્રવાહીનું ઉત્કલનબિંદુ પણ વધુ થાય છે અને દબાણ ઓછું થાય છે તેમ ઉત્કલન-બિંદુ પણ નીચું આવે છે.

આકૃતિ ૧૪૬



પેપિનનું વાસણ.

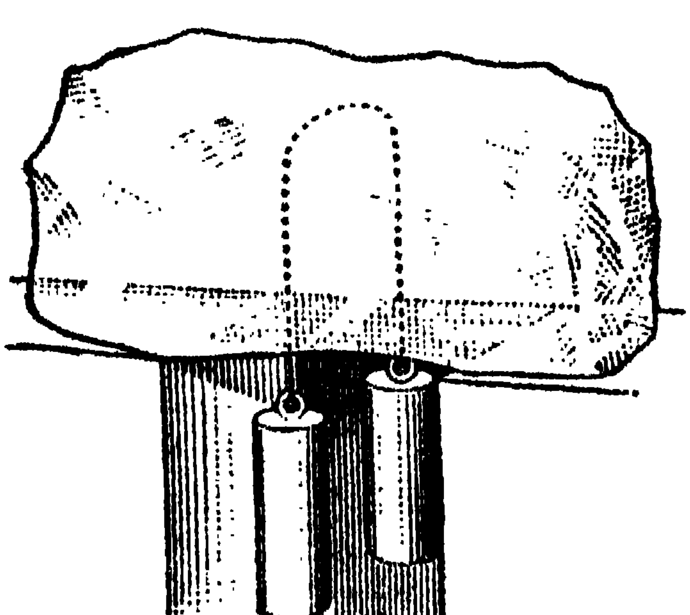
ઓછાં દબાણવાળી હવા હોય તેવી જગ્યાએ પાણીમાં અથવા વરાળ-માં રાંધવાની વસ્તુ બરાબર રંધાતી નથી; કારણ કે હવાનું દબાણ ઓછું હોવાથી પાણીનું ઉત્કલનબિંદુ ૧૦૦° સે. થી ઓછું રહે છે. આવે સ્થળે રાંધવા માટે પેપિનનું વાસણ (Pepin's digester) વાપરવામાં આવે છે (આકૃતિ ૧૪૬). એ વાસણને ચુસ્ત બંધ બેસતાં ઢાંકણાં ઢ વડે બંધ કરેલું છે. ઢાંકણાંમાંથી એક થર્મોમિટર થ અને એક વાલ્વનો સળિયો સ પસાર કરેલાં છે. વાલ્વના સળિયા સ ઉપર એક ભારે વજન (વ) રાખેલું છે. તેથી વાલ્વની ઉપર ઉચ્ચાલન વડે દબાણ થાય છે. દર્શક દ વાસણમાંની વરાળનું દબાણ બતાવે છે. વજન વ નો ઘટતો ફેરફાર કરીને ગમે તે ટેમ્પરેચરે એ વાસણમાં રાખેલી વસ્તુને રાંધી શકાશે. જો વરાળનું દબાણ વધુ થઈ જાય તો વાલ્વ આપમેળે ઊઘડીને વરાળને માર્ગ કરી આપે છે.

સાધારણ રીતે રસોઇ કરતી વેળાએ ઊકળતા પાણીના વાસણ ઉપર ભારે ઢાંકણુ મૂકવાનું પ્રયોજન પણ આજ છે. વળી એજ સિદ્ધાન્તને આધારે સાધારણ હવામાનના દબાણમાં વાયુરૂપમાં રહેતા ક્લોરિન અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ જેવા વાયુ ખૂબ દબાણ કરવાથી પ્રવાહી રૂપમાં આવી શકે છે. ઘણા દબાણને લીધે એ પ્રવાહીનું ઉત્કલનબિંદુ ઘણું ઊંચું ચઢે છે, અને તેથી સાધારણ ટેમ્પરેચરે એટલાં દબાણમાં તે પ્રવાહી સ્વરૂપમાં રહે છે.

ગલનબિંદુ ઉપર દબાણની અસર નીચેના પ્રયોગથી સમજાય છે.

પ્રયોગ :–બરફનું એક મોટું ચોસલું લઇ બે ટેકા ઉપર મૂકો અને તેના ઉપર બે છેડે ભારે વજન બાંધેલો એક તાર લટકાવો.

આકૃતિ ૧૪૭



વજન બરાબર ભારે હશે તો એ તાર બરફના ચોસલાને કાપીને નીચે ઊતરવા માંડશે. થોડી વારમાં આખાં બરફનાં ચોસલામાં થઇને એ તાર પસાર થઇ જશે, પરંતુ ચોસલાંના બે ભાગ થવાને બદલે બરફના બન્ને ભાગ જોડાયલા જ માલૂમ પડશે (આકૃતિ ૧૪૭).

બરફને કાપીને તાર અંદરથી પસાર થાય છે, ત્યારે બરફનું પાણી બને છે; પરંતુ તારના દબાણથી એ પાણીનું ટેમ્પરેચર ૦°સે. થી ઓછું થાય છે એટલે કે ગલનબિંદુ ૦°સે. થી નીચે ઊતરે છે. આથી તાર પસાર થયા પછી જે પાણી ઉપર આવે એ પાછું ૦°સે. થી ઠંડુ હોવાથી તુરતજ ઠરીને બરફ થઇ જાય છે અને ઉપરના બરફના છૂટા થયેલા ભાગને સાંધી દે છે. જેમ તાર નીચે ઊતરતો જાય છે, તેમ ઉપરનો બરફ પાછો

સંધાતો જાય છે; એટલે આખો તાર બરફને કાપીને નીચે પડવા છતાં બરફના ચોસલાં પાછાં સંધાઇ જાય છે. આજ પ્રમાણે બે બરફના ટુકડાને દબાણ કરીને ઘસીએ તો તે બન્ને સંધાઇ જાય છે. આ રીતે બરફની સંધાવાની ક્રિયાને રેજીલેશન (regelation) કહેવામાં આવે છે. જે પદાર્થો પીગળે ત્યારે તેમના કદમાં ઘટાડો થાય તેવા પદાર્થો ઉપર દબાણ કરવાથી તેમનું ગલનબિંદુ નીચે ઊતરે છે.

૧૦ ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ ઉપર દ્રાવણની અસર.

પ્રયોગ (૧):–એક કાચની ગરણીમાં બરફનો ભૂકો ભરી થર્મોમિટર વડે તેનું ટેમ્પરેચર નોંધો. હવે બરફના ભૂકામાં થોડું મીઠું ભેળો અને ફરીથી ટેમ્પરેચર નોંધો. ત્રીજીવાર વળી વધુ મીઠું ભેળી ફરીથી ટેમ્પરેચર નોંધો.

પ્રયોગ (૨):–એક કાચની બરણી (flask)માં થોડું ચોખ્ખું પાણી ઊકાળો. તેમાં થર્મોમિટર મૂકી તેનું ટેમ્પરેચર નોંધો. હવે ઊકળતાં પાણીમાં થોડું મીઠું નાખો અને ફરીથી ટેમ્પરેચર નોંધો. બીજું વધારાનું મીઠું નાંખી ફરીથી ટેમ્પરેચર નોંધો.

ઉપરના પ્રયોગ (૧)માંથી માલૂમ પડે છે કે બરફના ભૂકામાં કોઇપણ ક્ષાર ભેળવાથી તેનું ટેમ્પરેચર ૦° સે. થી ઓછું થાય છે. જેમ વધુ ક્ષાર નાખીએ તેમ ટેમ્પરેચર ૦° સે.થી વધુ નીચે ઊતરે છે.

પ્રયોગ (૨) ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે ચોખ્ખા પાણીનું ઉત્કલનબિંદુ ૧૦૦° સે. થી વધુ થાય છે. જેમ ક્ષારનું પ્રમાણ વધે છે તેમ ઉત્કલનબિંદુ ઊંચુ થાય છે.

આ ઘટનાનો એક ઉપયોગ આઇસક્રિમ બનાવતી વખતે થાય છે. આઇસક્રિમના સંચામાં વચ્ચેના પાતળા ધાતુના ડબ્બામાં

દૂધ, સાકર વગેરે નાંખી ડબ્બાને બંધ કરવામાં આવે છે. એ ડબ્બાને એક લાકડાંના વાસણમાં મૂકી ફરતે બરફના ટુકડા અને મીઠું નાંખવામાં આવે છે એટલે તેનું ટેમ્પરેચર 0° સે. થી પણ ઓછું થવાથી ધાતુના ડબ્બામાં રહેલું દૂધ ઠરીને તેનું આઇસક્રિમ બંધાય છે. જો એકલો બરફ જ નાંખીએ તો દૂધનું ટેમ્પરેચર માત્ર 0°સે. સુધી જ નીચે ઊતરે છે. જો 0°સે.થી ઓછું ટેમ્પરેચર થાય તો જ દૂધ ઠરે છે અને આઇસક્રિમ બંધાય છે. આ કારણથી બરફમાં મીઠું નાંખવામાં આવે છે.

બીજો ઉપયોગ રસોઇ કરતી વખતે પાણીનું ઉત્કલન-બિંદુ વધારવામાં થાય છે. કોઇ વસ્તુ ઊકાળતાં પાણીમાં બરાબર ન ચડતી હોય તો પાણીમાં સંચોરો નાંખવામાં આવે છે. આથી ઊકળતાં પાણીનું ટેમ્પરેચર વધે છે અને વસ્તુ ચડી જાય છે. થર્મોમિટર ઉપર પાણીના ઉત્કલનબિંદુની નોંધ કરવા માટે થર્મોમિટરના ગોળાને પાણીમાં ડુબાવવામાં આવતો નથી, કારણ કે જો પાણી શુદ્ધ ન હોય તો તેમાં ઓગળેલા ક્ષારને લીધે તેનું ટેમ્પરેચર ૧૦૦° સે. થી ઊંચે જશે અને થર્મોમિટર ઉપર ખોટો આંક નોંધાશે. વરાળનું ટેમ્પરેચર સાધારણ દબાણમાં (૭૬ સેમિ. દબાણમાં) ૧૦૦°સે. જેટલું રહે છે.

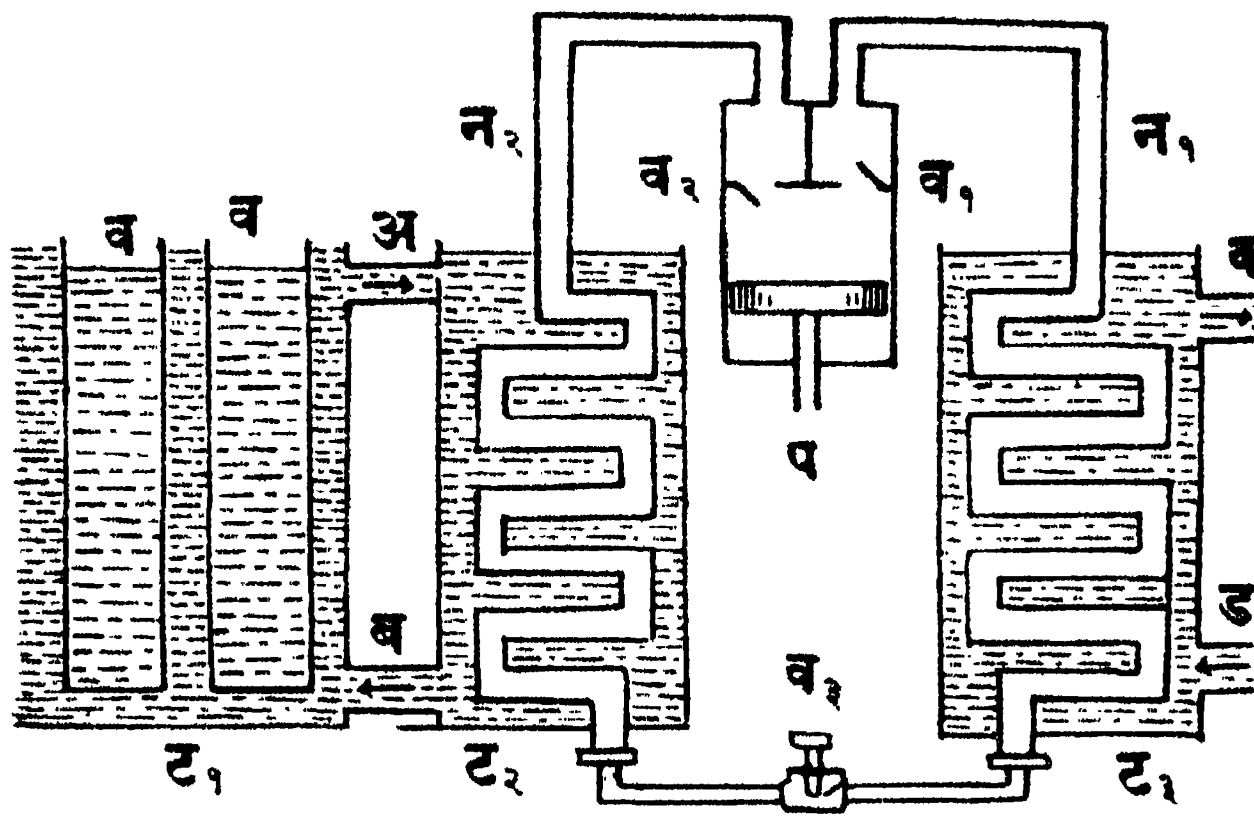
૧૧. ઠંડક ઉત્પન્ન કરવાની રીત. પાણીનું બરફ બનાવવું હોય, પાણીને ઠંડું કરવું હોય, ઓરડાની હવા ખૂબ ગરમ હોય તેનું ટેમ્પરેચર ઓછું કરવું હોય, અથવા ગમે ત્યારે ઠંડક ઉત્પન્ન કરવી હોય તો આગળ જોઈ ગયેલા કેટલાક નિયમોનો આશ્રય લેવો પડે છે. બાષ્પીભવન વડે ઉષ્ણુમાન ઓછું થઇ શકે છે તે આપણે પ્રથમ જોયું છે. એ નિયમોનો ઉપયોગ કરી થોડા પ્રમાણુમાં બરફ

પણ બનાવી શકાય છે. એક લાકડાના ટુકડા ઉપર થોડું પાણી રેડી તેના ઉપર પાતળા કાચનું પ્યાલું મૂકી તેમાં થોડું ઇથર રેડો. એ ઇથરમાં એક કાચની નળી મૂકી તેમાંથી એક પગની ધમણ વડે જોરથી પવન ફૂંકો. થોડી વારમાં પ્યાલાની નીચેનું પાણી ઠરી જઇને તેનું બરફ બંધાશે અને કાચનું પ્યાલું લાકડાના ટુકડા સાથે ચોંટી જશે. પ્યાલાના ઇથરનું ઝડપથી બાષ્પીભવન થવાથી તેનું ટેમ્પરેચર ઓછું થઇ જાય છે અને તેથી તેની નીચે રહેલું પાણી પણ બરફ બની જાય છે.

ઠંડક ઉત્પન્ન કરવાની બીજી રીત વાયુને એકાએક વિસ્તૃત કરવાની છે. બાયસિકલની ટ્યુબમાં ખૂબ જોરથી હવા ભરવામાં આવે તો એ હવાનું ટેમ્પરેચર વધે છે; પરંતુ જો એ જ હવાને એકાએક બહાર નીકળવા દેવામાં આવે, તો એ પુષ્કળ ઠંડી થઇ જાય છે. જોરથી હવા બહાર નીકળતી હોય તે વેળા નળી આગળ હાથ રાખવાથી માલૂમ પડશે કે હવા બહુ જ ઠંડી લાગે છે. હવાને બદલે કોઇ પણ વાયુને એકાએક વિસ્તૃત કરવામાં આવે તો પણ એ જ પરિણામ આવે છે. કાચના એક બંધ ગોળામાં થોડું પાણી રાખી તેની હવા એકાએક શોષી લેવામાં આવે તો અંદર ઘણી ઠંડક ઉત્પન્ન થશે અને પરિણામે ગોળામાંની હવામાં રહેલો ભેજ વધુ થઇ પડવાથી તેનું વાદળ બંધાઇ જશે.

બરફ બનાવવાનું યંત્ર આકૃતિ (૧૪૮) માં બતાવવામાં આવ્યું છે. $ટ_૨$ અને $ટ_૩$ વાસણમાં $ન_૧$ અને $ન_૨$ નળીઓ છે, એ બન્ને નળીઓને નીચેના ભાગમાં એક બારીક છિદ્રવાળા વાલ્વ $વ_૩$ થી જોડેલી છે. $ન_૧$ નળીમાં થોડું ઍમોનિયા (ammonia) પ્રવાહી ભરેલું છે. એ નળીને કેલ્શિયમ ક્લોરાઇડના

આકૃતિ ૧૪૮



દ્રાવણમાં (solution of calcium chloride) રાખેલી છે અને ન$_1$ નળીને ફરતે ક અને ડ નળી વાટે ઠંડુ પાણી દાખલ કરવામાં આવે છે. જ્યારે પંપ પ નેા પિસ્ટન નીચે ઊતરે છે, ત્યારે વ$_2$ વાલ્વ ઊઘડે છે અને એથી ન$_2$ માંના ઍમેાનિયા પ્રવાહીનું બાષ્પીભવન થાય છે. એકાએક પ્રવાહીનું બાષ્પીભવન થવાથી તેનું ટેમ્પરેચર ઘટી જાય છે અને ટ$_2$ માં રહેલું દ્રાવણ ઠંડુ થાય છે. પિસ્ટન ઊંચે ચઢે છે, ત્યારે વ$_2$ બંધ થાય છે, વ$_1$ વાલ્વ ખૂલ્લેા થાય છે અને ઍમેાનિયા વાયુ સંકેાચાઇને નળી ન$_1$ માં દાખલ થાય છે. અહિં ઠંડા પાણીને લીધે એ વાયુ ઠંડેા પડે છે અને તેનું પાછું પ્રવાહી બને છે. એ પ્રવાહી વળી પાછું વ$_3$ વાલ્વ મારફતે ન$_2$ નળીમાં દાખલ થાય છે. આમ લાંબેા વખત પંપ ચાલવાથી ટ$_2$ માં રહેલાં દ્રાવણનું ટેમ્પરેચર ઘણું જ ઘટી જાય છે અને 0° સે. થી પણ નીચે ઊતરી જાય છે. એ દ્રાવણને અ અને બ નળી વાટે બાજુમાં રાખેલી મેાટી ટાંકી ટ$_1$ માં ફેરવવામાં આવે છે. એ ટાંકીમાં ચેાખ્ખા પાણી ભરેલાં ધાતુના વાસણેા વ રાખવામાં આવે છે અને તેમાં બરફ બંધાય છે.

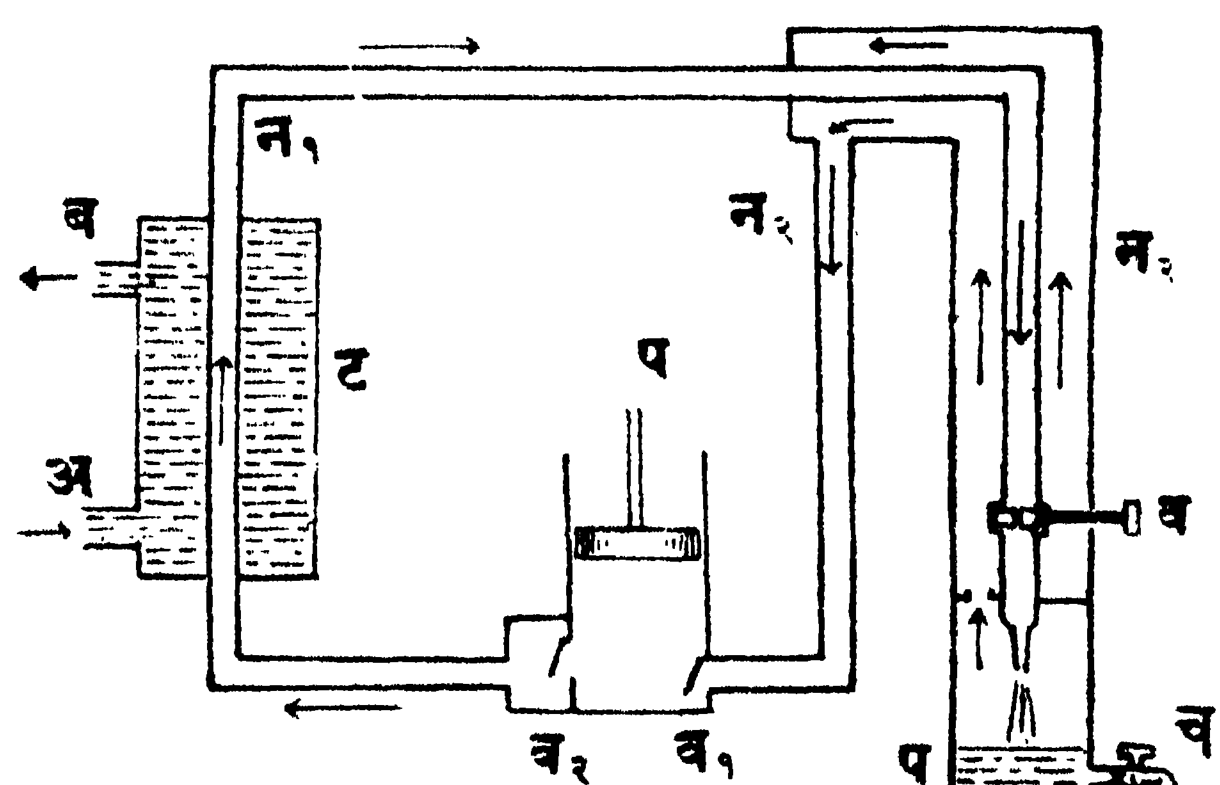
૧૨. હવાનું દ્રવીભવન
Liquefaction of air

મુંબઇ જેવા મોટા શહેરમાં ઑક્સિજન વાયુ અને હવા પણ પ્રવાહી સ્વરૂપમાં મળી શકે છે. હવા શૂન્યથી નીચે-૧૫૯° સે. ટેમ્પરેચરે પ્રવાહી બને છે. પ્રવાહી હવા ચોખ્ખા કેરાસિન તેલ જેવી સાધારણ ભૂરાશવાળી દેખાય છે. પ્રવાહી હવાને દેવારના શૂન્યાવકાશવાળાં પાત્ર (vacuum vessel) માં જ (આકૃતિ ૧૬૩) રાખી શકાય છે. એ પાત્રમાં પણ એ હમેશાં ઊકળતી રહે છે. હવામાંના નાઇટ્રોજનનું જલદી બાષ્પીભવન થતાં તે ઊડી જાય છે અને ઑક્સિજન વાયુ રહી જાય છે; કારણ કે તેનું ઉત્કલનબિંદુ ઑક્સિજનથી સહેજ ઓછું છે. એટલા ઉષ્ણમાને પારો ઘન થઇ જાય છે અને ફૂલ, રબર, સીસાંના તાર વગેરે સખ્ત અને બરડ થઇ જાય છે. આપણી પૃથ્વીનું ટેમ્પરેચર પણ એટલું ઓછું થઇ જાય તો પૃથ્વીની સપાટી ઉપર હવાના પ્રવાહીનો ૩૫ ફૂટ ઊંડો સમુદ્ર ચારે બાજુ ફરી વળે. હવાને પ્રવાહી સ્વરૂપમાં લાવવાથી ચોખ્ખી હવા એક જગ્યાએથી બીજી જગ્યાએ લઇ જઇ શકાય છે. ખાસ કરીને ડૉકટરના ધંધામાં ઑક્સિજનનો ખૂબ ઉપયોગ થાય છે. ઑક્સિજનની મોટા જથ્થામાં જરૂર પડે તો નાના વાસણમાં પ્રવાહી સ્વરૂપે લઇ જઇ શકાય છે. હવાને પ્રવાહી બનાવવામાં વાયુને એકાએક વિસ્તૃત કરવાથી ઠંડો પડે છે તે સિદ્ધાન્તનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. હવાને પ્રવાહી બનાવવાનું યંત્ર કેમ ચાલે છે તે નીચેની આકૃતિ (૧૪૯) વડે સમજાવવામાં આવ્યું છે.

પંપવડે હવા લગભગ ૨૦૦ હવામાન જેટલાં દબાણે ટ વાસણમાંની $ન_1$ નળીમાં મોકલવામાં આવે છે. એ હવા આમ

સંકોચાવાથી ગરમ થાય છે, એટલે એની ફરતે અ અને બ દ્વારા પાણી મોકલવાથી એ હવા ઠંડી પડે છે. એને તીરની દિશામાં મોકલવામાં આવે છે. એ નળીની ફરતે ઊન લગાડી દીધેલું હોય છે અને જેથી બહારની ગરમી તેને અસર કરી શકતી નથી. પ વાસણમાં એ નળી ખલે છે અને તેની ફરતે ન૨ નળી આવી રહેલી છે. ન૧ નળીમાં હવા ઉપરથી નીચે ઊતરે છે, જ્યારે ન૨ માં હવા નીચેથી ઊંચે જાય છે અને ત્યાંથી તીર વડે બતાવ્યા પ્રમાણે પાછી પંપમાં દાખલ થાય છે. ન૧ ની અંદરની હવા

આકૃતિ ૧૪૯



૨૦૦ હવામાનના દબાણથી નીચે ઊતરે છે અને એક ઘણા બારીક વાલ્વ વ માંથ એકાએક વિસ્તૃત થઇ ૧૬ હવામાન જેટલાં ઓછાં દબાણવાળી થઇ જાય છે. આમ થવાથી હવા અતિ ઠંડી થાય છે અને પ્રવાહી બનવા માંડે છે. આમ ઠંડી થયેલી જેટલી હવા પ્રવાહી ન થઇ હોય તે ન૨ વાટે ઊંચે ચઢી પંપ તરફ જાય છે અને તેથી માર્ગમાં ન૧ નળીમાંથી નીચે ઊતરતી હવાને વધુ ઠંડી બનાવતી જાય છે. એ ઠંડી પડેલી હવા વ વાલ્વમાંથી બહાર પડવાથી વધુ ઠંડી પડે છે એટલે

એ તુરત પ્રવાહી બને છે. આમ લાંબો વખત ચાલુ રહેવાથી ધીમે ધીમે પ્રવાહી હવા નીચેના વાસણમાં ભેગી થવા માંડે છે. એ વાસણને બેવડી બાજુ અને વચમાં શૂન્યાવકાશ હોવાથી પ્રવાહીનું બાષ્પીભવન થતું કંઇક અંશે અટકે છે. ચકલી ચ દ્વારા પ્રવાહીને જરૂર પડે તો કાઢી લઇ શકાય છે.

સાર.

૧ એક ગ્રામ પાણીનું ટેમ્પરેચર ૧°સે. વધારવા માટે જે ઉષ્ણતા જોઇએ તેને ઉષ્ણતાનો એકમ લેખવામાં આવે છે અને તેને કૅલૉરી કહેવામાં આવે છે. એક પાઉન્ડ પાણીનું ટેમ્પરેચર ૧°ફે. વધારવા જે ઉષ્ણતા જોઇએ તેને બ્રિટિશ થર્મલ યુનિટ (B.T.U.) કહેવામાં આવે છે.

એક ગ્રામ વજનની વસ્તુના ટેમ્પરેચર ૧°સે. નો વધારો કરવા જે ઉષ્ણતા જોઇએ તેને તે વસ્તુની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા (વિ.ઉ.) કહેવામાં આવે છે. વસ્તુના ટેમ્પરેચરમાં વધારો થવાથી કેટલી ઉષ્ણતા વપરાઇ છે તે નીચેના સમીકરણથી જણાય છે.

$$\text{વસ્તુએ મેળવેલી ઉષ્ણતા} = \text{વસ્તુનુ વજન} \times \text{ટેમ્પરેચરનો વધારો} \times \text{વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા}$$

વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા નિયત કરવા મિશ્રણની પદ્ધતિ પ્રમાણે પ્રયોગ કરવા પડે છે. ઠંડી વસ્તુ અને ગરમ વસ્તુને ભેગાં કરી ઉષ્ણતાની આપલે થાય તે શોધવાથી અજ્ઞાત વસ્તુની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા મળી આવે છે.

જ્યારે વસ્તુના સ્વરૂપમાં ફેરફાર થાય ત્યારે ટેમ્પરેચરનો ફેરફાર થતો નથી, પરંતુ વસ્તુ ઉષ્ણતાને સ્વીકારે છે. આ ઉષ્ણતાને ગુપ્ત ઉષ્ણતા (latent heat) કહેવામાં આવે છે. ૦°સે. ટેમ્પરેચરે એક ગ્રામ બરફનું પાણી બનાવવા જોઇતી ઉષ્ણતા અથવા એક ગ્રામ પાણીનું બરફ બનાવતાં બહાર પડેલી ઉષ્ણતાને બરફની ગલન ગુપ્ત ઉષ્ણતા (latent heat of fusion of ice) કહેવામાં

આવે છે. એજ પ્રમાણે ૧૦૦°સે. ટેમ્પરેચરે એક ગ્રામ પાણીની વરાળ બનાવવા જોઇતી ઉષ્ણુતા અથવા એક ગ્રામ વરાળનું પાણી બનાવતાં બહાર પડેલી ઉષ્ણતાને પાણીની બાષ્પીભવન ગુપ્ત ઉષ્ણુતા (latent heat of vaporisation of water) કહેવામાં આવે છે. ઉપર દર્શાવેલી મિશ્રણ પદ્ધતિથી બન્ને પ્રકારની ગુપ્ત ઉષ્ણુતા નક્કી કરવામાં આવે છે.

૩ બાષ્પીભવન બે પ્રકારનું હોય છે: મંદ અને જલદ. દરેક ટેમ્પરેચરે પ્રવાહીનું થોડુંઘણું મંદ બાષ્પીભવન (evaporation) ચાલ્યાજ કરે છે. જલદ બાષ્પીભવન (vaporisation) પ્રવાહી ઉકળે ત્યારે થાય છે. મંદ બાષ્પીભવન માત્ર ખુલ્લી સપાટી ઉપરજ થાય છે. જ્યારે જલદ બાષ્પીભવન પ્રવાહીની અંદર પણ થાય છે અને તેથી પરપોટા નીકળે છે. મંદ બાષ્પીભવન થવાથી પ્રવાહી ઠંડુ થાય છે, જ્યારે ઉત્કલન વખતે જલદ બાષ્પીભવન થવાથી ટેમ્પરેચર તેનું તેજ રહે છે.

૪ પીગળતાં જેનું કદ ઓછું થાય તેવી બરફ જેવી વસ્તુ ઉપર દબાણ કરવામાં આવે તો ગલનબિંદુ નીચે ઊતરે છે. બરફમાં બીજો ક્ષાર ભેળવામાં આવે તોપણ ગલનબિંદુ નીચે ઊતરે છે અને બરફનું ટેમ્પરેચર ઘટે છે.

દબાણ વધારવાથી અથવા પ્રવાહીમાં વધુ ક્ષાર ઉમેરવાથી ઉત્કલન બિંદુ ઊંચે ચઢે છે.

૫ વાયુને એકાએક સંકોચવામાં આવે તો તે ઉષ્ણ થાય છે. એજ વાયુને એકાએક વિસ્તૃત થવા દેવામાં આવે તો તે ઠંડો થાય છે. આ ગુણોનો ઉપયોગ કરી હવા, અને બીજી ઘણા વાયુને પ્રવાહી રૂપમાં ફેરવવામાં આવ્યા છે. પ્રથમ વાયુને ખૂબ દબાણથી સંકોચી એકાએક વિસ્તૃત થવા દેવામાં આવે છે. આથી તે ખૂબ ઠંડો પડે છે અને પ્રવાહી બની જાય છે.

પ્રકરણ ૧૬

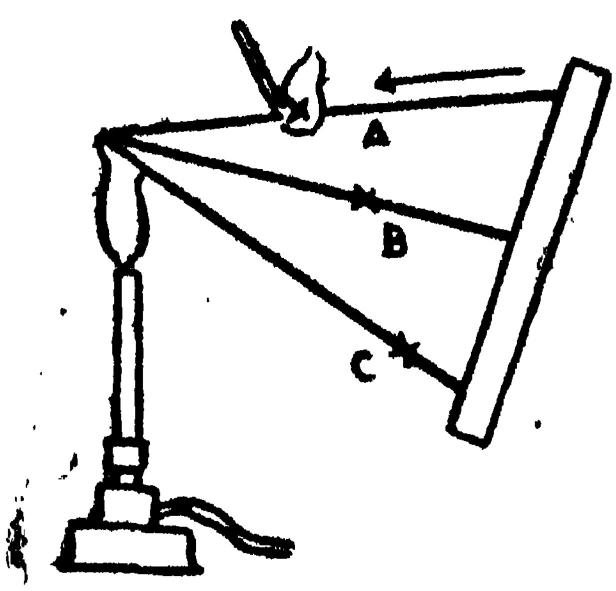
ઊષ્ણુતાનું નિર્ગમન

Transfer of Heat

૧. ઉષ્ણુતાવહન Conduction of heat

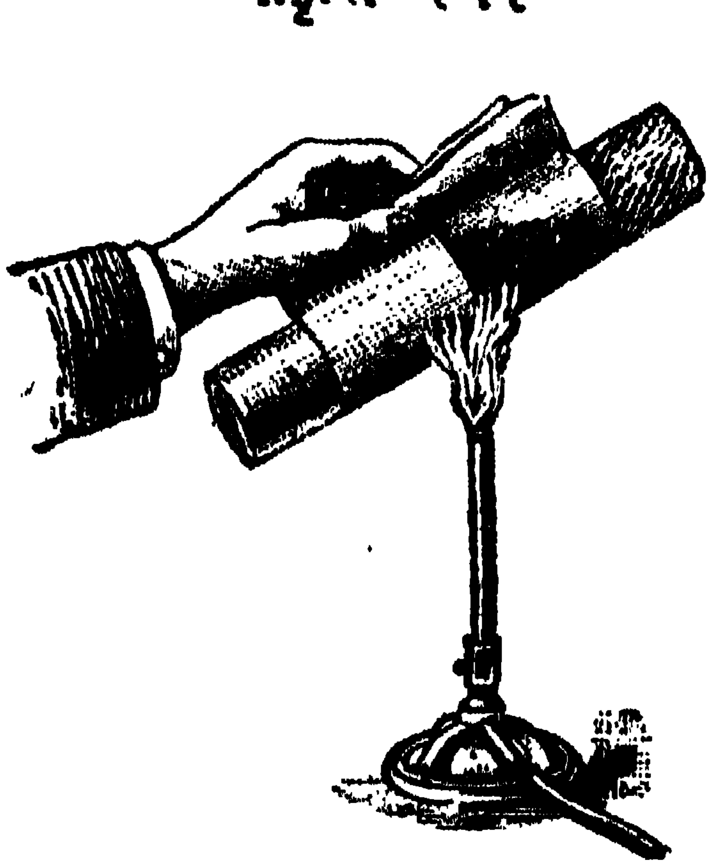
પ્રયેાગ (૧):–એક લેાખંડનેા સળિયેા લેા. તેના ઉપર થેાડે થેાડે અંતરે મીણુવડે લાકડાંની ગેાળીઓ વળગાવેા. સળિયાનેા એક છેડેા ગરમ કરેા. તપાવેલા છેડાના નજીકની લાકડાની ગેાળી પ્રથમ પડી જાય છે. કારણુ શું ? લાંબેા વખત તપાવવાથી ત્યાંથી દૂરની ગેાળી અનુક્રમે પડી જશે, કારણુ કે ગેાળીને વળગાડેલું મીણુ પીગળી જાય છે.

આકૃતિ ૧૫૦



(૨) :–આકૃતિ (૧૫૦) માં ત્રણુ જુદી જુદી ધાતુના સળિયા A, B અને C લેા. બધા સળિયાના છેડાને એકી સાથે તપાવેા. હવે દૂરના છેડાથી પ્રથમ A ઉપર દીવાસળીનેા ગંધકનેા ભાગ મૂકી ધીમે ધીમે તીરથી બતાવ્યા મુજબ બર્નરની જ્યેાત તરફ લઇ જાઓ. દીવાસળી કયા બિંદુ આગળ આવતાં સળગે તેની ચેાકડી વડે નેાંધ કરેા. એજ પ્રમાણે B અને C સળિયા ઉપર પણુ નેાંધ કરેા. A કરતાં B માં અને B કરતાં C માં વધુ ઝડપથી ઉષ્ણુતા વહે છે એમ સમજાય છે.

આકૃતિ ૧૫૧



(૩):–એક ધાતુના અને લાકડાંના એક સરખા કદના સળિયા લેા. બન્નેના છેડાને એકબીજાને અડકાવી ઉપર કાગળ વિંટાળેા અને આકૃતિ (૧૫૧) માં બતાવ્યા મુજબ બન્ને સળિયાના

સાંધા આગળ દીવાની જ્યોત લગાડો. કાગળનો કયો ભાગ જલદી બળી જાય છે અગર કાળો પડી રાખ થઇ જાય છે?

ઉપરના પ્રયોગ (૧) ઉપરથી સમજાશે કે લોખંડના સળિયામાંથી ઉષ્ણુતા એકથી બીજી બાજુ તરફ વહે છે, અને તેથીજ સળિયાના દૂરના ભાગો પણ ગરમ થતા જાય છે. સળિયાના તપાવેલા છેડાનો નજીકનો ભાગ પ્રથમ ગરમ થાય છે અને તેથી ત્યાંનું મીણુ પીગળી જતાં લાકડાંની ગોળી પડી જાય છે.

પ્રયોગ (૨) ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે બધી વસ્તુમાં ઉષ્ણુતા એક સરખી રીતે પસાર થતી નથી. લોખંડ, લાંબુ વગેરે ધાતુ જલદ ઉષ્ણુતાવાહક (good conductor) છે. કારણુ કે એમાંથી ઉષ્ણુતા ઝટ પસાર થાય છે. એજ પ્રયોગ લાકડું, કે કાચ જેવી વસ્તુના સળિયા વડે કરશું તો માલૂમ પડશે કે દીવાસળીને બર્નરની જ્યોતની ઘણી જ નજીક લઇ જવી પડે છે. આ ઉપરથી સમજાય છે કે લાકડું, કાચ, ગંધક, વગેરે વસ્તુ બહુ મંદ ઉષ્ણુતાવાહક (bad conductor) છે.

પ્રયોગ (૩) માં લાકડું મંદ ઉષ્ણુતાવાહક હોવાથી તે ઉપરનો કાગળ જલદી બળી જાય છે. ધાતુ જલદ ઉષ્ણુતાવાહક હોવાથી ધાતુ ઉપરના કાગળની ગરમી ધાતુમાં ઝટ ચાલી જવાથી કાગળ મોડો સળગે છે.

૨. રોજના બનાવોમાં ઉષ્ણુતાવહન

ગરમ વસ્તુને ઊંચકવી હોય તો આપણે મંદ ઉષ્ણુતાવાહક વસ્તુનો ઉપયોગ કરીએ છીએ. તપી ગયેલાં વાસણુને કપડાં વડે ઊંચકીએ છીએ કારણુ કે કપડાં મંદ ઉષ્ણુતા-

વાહક છે. લાકડાંનો એક છેડો બળતો હોય તોપણ આપણે તે ઊંચકી શકીએ છીએ, કારણ કે લાકડું ઘણુંજ મંદ ઉષ્ણુતાવાહક છે. તપેલી રેતી ઉપર આપણે ચામડાંના જોડા પહેરી ચાલીએ તો રેતી ગરમ લાગતી નથી કારણ કે ચામડું એકંદરે મંદ ઉષ્ણુતાવાહક છે, પરંતુ વધુ ઉષ્ણુતાવાહક રબરના તળિયાંવાળા જોડા પહેરી ચાલીએ તો તે જલદી તપી જાય છે. આપણા ઘરનાં છાપરાં ઉપર જો પતરાં નાંખ્યા હોય તો તે જલદી તપી જાય છે અને ઘરમાં ઘણી ગરમી લાગે છે. માટીનાં નળિયાં એટલાં જલદી તપી જતા નથી, એટલે ગરમ દેશમાં પતરાનું છાજ સારૂં ન કહેવાય. પતરાંની ઉપર કેટલેક ઠેકાણે ઘાસ કે એવી સુકી વનસ્પતિ પાથરવામાં આવે છે અને તે ઓછી ઉષ્ણુતાવાહક હોવાથી પતરાં ઓછાં તપે છે. ઉષ્ણુતાવાહકતાના ફેરને લીધે શિયાળામાં પથ્થરને અડકીએ તો બહુ ઠંડા લાગે છે અને ઊન કે કાપડને અડકીએ તો તે તેટલાં ઠંડા નથી લાગતા. પથ્થર વધુ જલદ ઉષ્ણુતાવાહક હોવાથી શરીરની ગરમી ઝટ લઇ લે છે; જ્યારે ઊન કે કાપડ મંદ ઉષ્ણુતાવાહક હોવાથી શરીરની ગરમી લઇ શકતા નથી. ગરમ કાપડ મંદ ઉષ્ણુતાવાહક હોવાથી શિયાળામાં આપણે એ કાપડ પહેરીએ છીએ; કારણ કે તેમાંથી શરીરની ગરમી બહાર જઇ શકતી નથી.

હવા પણ મંદ ઉષ્ણુતાવાહક હોવાથી એકને બદલે બે કપડાં પહેરવાથી શરીરમાંની ગરમીનું રક્ષણ વધારે સારી પેઠે થાય છે. આ કારણથી એક જાડું કપડું પહેરવા કરતાં બે પાતળાં કપડાં પહેરવાં તે વધુ સારાં છે. રૂના ગાદલામાં પણ હવા ભરાયેલી હોય છે, તેથી ગરમીનું સારી પેઠે

રક્ષણ થાય છે. પીછાંવાળાં પ્રાણીઓના શરીરમાં પુષ્કળ ગરમી રહી શકે છે, તેનું કારણ હવાની મંદવાહકતા છે. પીછાંના જૂથમાં હમેશાં હવાનાં સ્તર (layers) રહેલા હોય છે અને એ મંદવાહક હોવાથી પક્ષીની શરીરની ગરમી જળવાઈ રહે છે. શરીરના વાળ પણ એ જ નિયમને આધારે શરીરનું ઠંડીથી રક્ષણ કરવા શકિતમાન થાય છે. ઉત્તર ધ્રુવના પ્રદેશોમાં રીંછ, કૂતરા વગેરે પ્રાણીના શરીરનું રક્ષણ તેમના જથ્થાબંધ અને લાંબા વાળથી થાય છે. ગરમ પાણીને લઇ જતા નળમાંથી અથવા વરાળ જતી હોય તે નળીમાંથી ગરમી જતી ન રહે તેટલા માટે ફરતે એસબેસ્ટોસ જેવી મંદ ઉષ્ણુતા-વાહક વસ્તુ વિંટાળવામાં આવે છે.

૩. ઉષ્ણુતાવહન Conduction

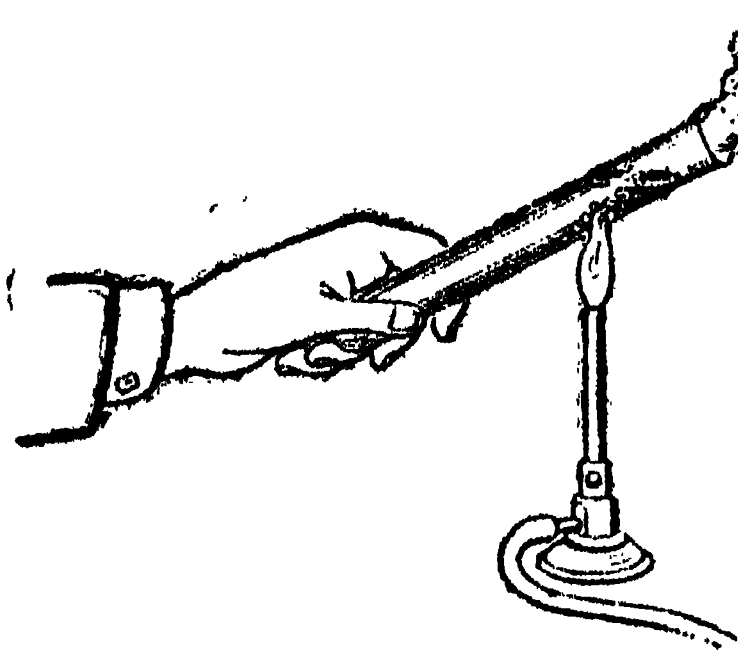
ગરમ થતી દરેક વસ્તુના અણુ જ્યાંના ત્યાં જ રહે છે, છતાં ઉષ્ણુતા એક થી બીજી બાજુ જઇ શકે છે અને વચ્ચેના બધા અણુ ઉષ્ણુ થાય છે. આ ઉપરથી લાગે છે કે ઉષ્ણુતાની એક અણુમાંથી બીજામાં અને બીજામાંથી ત્રીજામાં અરસપરસ આપલે થવાથી તે એક જગ્યાએથી બીજે જાય છે.

ઉષ્ણુતાવહનમાં (Conduction) અણુ પોતાની જગ્યાથી ખસતા નથી; પરંતુ વધારે ગરમ અણુ તેમની ઉષ્ણુતા નજીકના ઠંડા અણુને આપે છે અને એ રીતે ઉષ્ણુતા આગળ વધે છે.

ઘન વસ્તુમાં વાયુ અને પ્રવાહી કરતાં વધુ ઉષ્ણુતા-વહન થાય છે. આવી રીતે જે ઉષ્ણુતા એક છેડેથી બીજે છેડે જાય છે તેમાંથી થેાડી ઉષ્ણુતા અણુને ગરમ કરવામાં વપરાય છે. જ્યારે બાકીની ઉષ્ણુતા આગળ જાય છે, આથી એક સળિયાના તપાવવા મૂકેલા છેડાથી જેમ દૂર જઇએ તેમ ઓછો

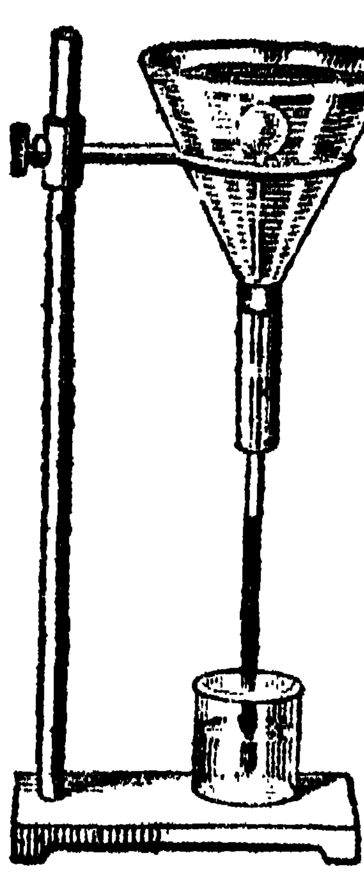
ગરમ લાગશે. ઘન વસ્તુ જલદ ઉષ્ણુતાવાહક છે, પ્રવાહી તેથી ઓછું ઉષ્ણુતાવાહક છે અને વાયુ એથી પણ મંદ ઉષ્ણુતાવાહક છે.

આકૃતિ ૧૫૨



પ્રયેાગ :–એક કાચની કશનળી (test-tube) માં પાણી લઇ એ પાણીના ઉપરના ભાગને બર્નર ઉપર તપાવેા. ઉપલા ભાગનું પાણી ઊક-ળતું માલૂમ પડશે (આકૃતિ ૧૫૨). પરંતુ નીચેનું ઠંડું જ રહે છે.ક

આકૃતિ ૧૫૩



પ્રયેાગ;–એક ગરણીમાં ગેાળાથી બતાવેલું હવાનું થર્મોમિટર દાખલ કરી (આકૃતિ ૧૫૩) નીચેની નળી પાણીમાં ડુબાવી રાખી સહેજ તપાવી ઠંડું પાડશેા તેા એમાં નીચેથી કાળા ભાગમાં બતાવ્યા પ્રમાણે પાણીની સપાટી ચઢશે. ગરણીને પ્રથમ ખાલી રાખી થર્મોમિટરના ગેાળાને ફરીથી સહેજ તપાવેા તેા અંદરની હવા વિસ્તૃત થાય છે અને તેથી નળી-માંની પાણીની સપાટી નીચે ઉતરે છે. હવે એ ગરણીને પાણીથી ભરી ઉપર થેાડું સ્પિરિટ નાંખેા અને તેને દિવાસળી વડે સળગાવેા. સ્પિરિટ ઘણેા વખત બળશે, પરંતુ તેની ગરમી પાણીમાં થઇને હવાના ગેાળાને નહી જેવી જ અસર કરશે.

ઉપરના પ્રયેાગથી સિદ્ધ થાય છે કે પાણી બહુ જ મંદ ઉષ્ણુતાવાહક છે. એ જ પ્રમાણે હવા પણ બહુ જ મંદ ઉષ્ણુતાવાહક છે. આમ છતાં પ્રવાહી અને વાયુમાં બીજી રીતે જલદીથી ઉષ્ણતાનું નિર્ગમન થાય છે તે પાછળથી જોઇશું.

૪. ડેવીનો અભય દીવો
Davy's safety lamp

ઇંગ્લન્ડની કોલસાની ખાણોમાં અસલ ખૂલ્લા મીણબત્તીના અગર તેલના દીવા વપરાતા. ખાણોમાં ઘણીવાર સળગી ઊઠે તેવા વાયુ નીકળી આવે છે. એકવાર દીવાની બત્તીની જ્યોતથી તે સળગે કે પછી તુરતજ તેનો અગ્નિ ચારેમેર એકદમ ઝડપથી ધડાકા સાથે સળગી ઊઠે છે અને તેથી ખાણના છાપરાં પણ તૂટી પડે છે. તે વખતે ખૂલ્લા દીવાને લીધે આવા અકસ્માતો ઘણા પ્રમાણમાં થતા અને દર વર્ષે ઘણાજ જાનમાલનું નુકસાન થતું. આ કારણથી ખાણમાં સલામતી રાખે તેવા દીવાની શોધ કરવાનું કાર્ય રોયલ ઈન્સ્ટીટ્યુશનના કેમિસ્ટ્રી (રસાયણ)ના પ્રોફેસર સર હમ્ફ્રી ડેવીને સોંપવામાં આવ્યું, અને તે તેણે બહુજ સફળતાથી પાર ઊતાર્યું. તેણે જે દીવાની શોધ કરી છે તેનું નામ ડેવીનો અભય દીવો (Davy's safety lamp) રાખવામાં આવ્યું છે. એ દીવો સાધારણ દીવાના જેવો જ છે, પરંતુ ફેર માત્ર એટલોજ કે એની ફરતે ધાતુની જાળી વિંટાળેલી હોય છે (આકૃતિ ૧૫૪). એ જાળી વડે જલદ વાયુને સળગી જતાં કેવી રીતે અટકાવી શકાય છે તે નીચે દર્શાવેલા બે પ્રયોગોથી ચોક્કસ સમજાશે.

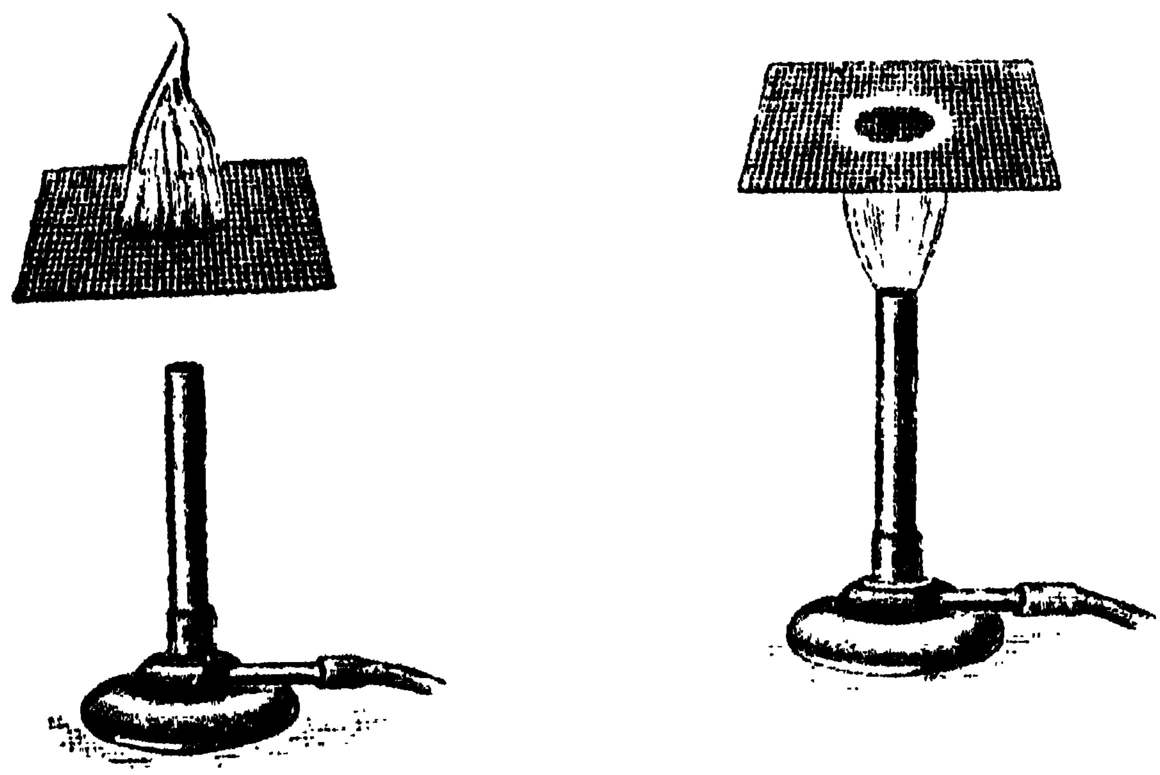
આકૃતિ ૧૫૪



પ્રયોગઃ—આકૃતિ (૧૫૫ '૧')માં બર્નરમાંથી નીકળતા ગૅસને જાળીમાંથી પસાર થઇ ઉપર નીકળવા દો. એ જાળીની ઉપર દીવાસળી સળગાવીને ધરો. વાયુની સળગતી જ્યોત જાળીની ઉપરજ બળતી રહે છે. પરંતુ એ જ્યોત લાંબા વખત સુધી જાળીની નીચે આવતી નથી.

આકૃતિ ૧૫૫

(૧) (૨)



હવે આકૃતિ (૧૫૫ '૨') પ્રમાણે પ્રથમ એ જાળીની નીચે દીવાસળી ધરી ગૅસને સળગાવી દો. સળગેલા ગૅસની જ્યોત જાળીની નીચે જ ઘણો વખત બળતી રહે છે.

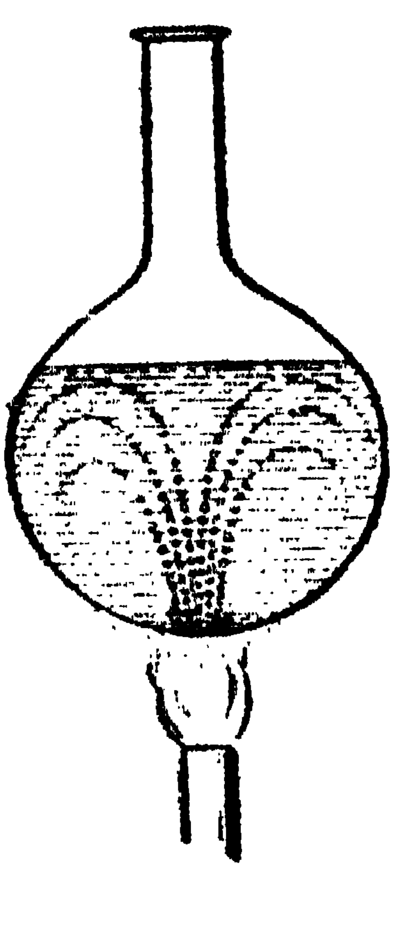
ઉપલા પ્રયોગમાં જાળી ધાતુની હોવાથી ઘણી જલદ ઉષ્ણુતા વાહક છે, એટલે તેની ઉપર અથવા નીચે સળગેલા ગૅસની ઉષ્ણુતા એકથી બીજી બાજુ જાય અને તે બાજુના ગૅસને સળગાવે તે પહેલાં ધાતુની જાળી તે ઉષ્ણુતાને વહન કરી લે છે. પ્રયોગ ચાલુ હોય ત્યારે '૧' અથવા '૨' માં જાળીની ઉપર અને નીચે સળગેલી દીવાસળી લગાવીએ, તો ત્યાંનો બન્ને બાજુનો ગૅસ સળગવાથી બન્ને જ્યોત આખી બનશે. આ નિયમને આધારે ધારો કે ડેવીના દીવામાં ખાણુનો જલદ વાયુ દાખલ તો તેટલો વાયુ દીવાની અંદર સળગી જશે, પરંતુ તે બળવાથી પેદા થયેલી ઉષ્ણુતાનું જાળીમાં વહન થઇ જવાથી બહારનો વાયુ સળગી ઊઠે તેટલો ઉષ્ણુ થતો નથી. જેટલો વાયુ અંદર દાખલ થાય તેટલો જ વારંવાર બળી જાય છે. દીવો ઝડપથી

ફટફટ અવાજ કરી બળવા લાગે તેા તુરત એમ માલૂમ પડે છે કે ખાણની અંદર જલદ વાયુ પ્રસરેલેા છે. દીવેા ઘણેા તપી જાય તે પહેલાં તેની વડે મળેલી સૂચનાને ધ્યાનમાં લઇ બધાં માણસેા બહાર દેાડી જાય છે. આમ દીવેા ખાણને રક્ષણ આપે છે એટલુંજ નહિ પરંતુ જલદ વાયુનું અસ્તિત્વ પણ સિદ્ધ કરે છે.

૫. ઉષ્ણતાનયન
Convection

પ્રવાહીની ઉષ્ણતાવહનશક્તિ એાછી છે, પરંતુ કેટલીક પરિસ્થિતિમાં તેમાંથી ઉષ્ણતાનું નિર્ગમન એકદમ જલદી થઈ શકે છે. આપણે પાણીના એક વાસણમાં પાણીની સપાટીને ગમે તેટલી ગરમ કરીશું તેા તેથી નીચેનું પાણી ગરમ થશે નહિ; પરંતુ જો એજ વાસણને નીચેથી ગરમ કરીએ તેા માલૂમ પડશે કે થેાડા વખતમાં વધુ પાણી ગરમ થઇ જશે. એનું કારણ નીચેના સાદા પ્રયેાગ વડે સમજાશે.

આકૃતિ ૧૫૬

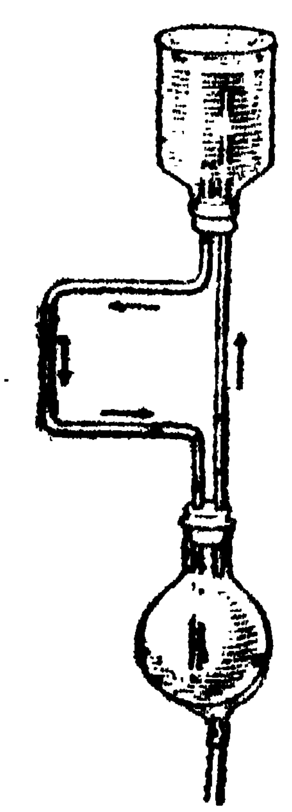


પ્રયેાગ:—એક કાચના વાસણમાં પાણી રેડી એના તળિયામાં સંભાળથી પેાટાશિયમ પરમેંગેનેટના થેાડા સ્ફટિક (crystals) નાંખેા આકૃતિ (૧૫૬). હવે એ પાણીને તળિયાંમાંથી ગરમ કરીશું તેા માલૂમ પડશે કે પેાટાશિયમ પરમેંગેનેટ પાણીમાં એાગળીને એના રંગવાળી રેષાએા આકૃતિમાં બતાવ્યા મુજબ દેખાવા લાગશે. એ બતાવે છે કે ગરમ થયેલું પાણી એ રેષાવાળા માર્ગે ઉપર જાય છે અને ગેાળાની બાજુએ થઇને ઠંડુ પાણી નીચે આવે છે. લાંબેા વખત આમ પાણી ઊકાળ્યા કરીશું તેા ગરમ થયેલા પાણીનેા પ્રવાહ મધ્યમાંથી ઊંચે ચઢશે અને ઉપરના ઠંડા પાણીનેા પ્રવાહ બાજુથી નીચે ઊતરતેા માલૂમ પડશે.

આનું કારણ એ છે કે પાણી ગરમ થવાથી તેનું કદ વિસ્તૃત થાય છે અને તેથી એની ઘનતા ઓછી થાય છે. આથી ગરમ પાણી ઊંચે ચઢે છે અને એની જગ્યાએ ઠંડું અને ભારે પાણી નીચે ઊતરે છે.

ગરમ થયેલા પદાર્થના અણુઓ એક જગ્યાએથી બીજી જગ્યાએ જાતે જ મુસાફરી કરી ઉષ્ણુતા પહોંચાડે છે, તે પ્રકારના ઉષ્ણુતાના નિર્ગમનને ઉષ્ણુતાનયન (convection) કહેવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૧૫૭

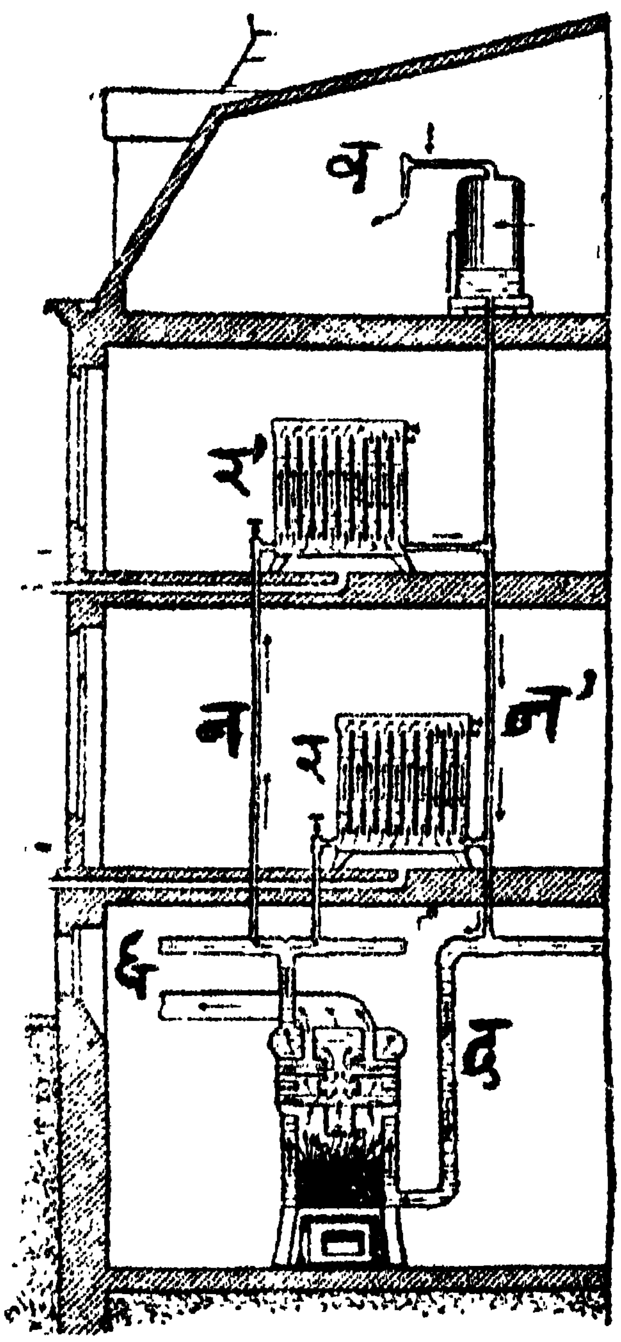


પ્રવાહી અને વાયુમાં આ પ્રકારે ઉષ્ણુતાનયન થાય છે. ઘન વસ્તુમાં ઉષ્ણુતાનયન થતું નથી.

પ્રયેાગ ;—આકૃતિ (૧૫૭) માં બતાવ્યા પ્રમાણે કાચના ગેાળામાં બે નળી રાખેા. એ બન્નેને ઉપરની બરણીમાં દાખલ કરેા અને ત્યાર પછી કાચના ગેાળાને નીચેથી ગરમ કરેા. પાણી હલકું બનવાથી એક નળી વાટે તીરથી બતાવ્યા પ્રમાણે ઊંચે ચઢે છે અને ઉપરની બરણીમાં ઠંડુ થયેલું પાણી બીજી નળીવાટે પાછું ગેાળામાં આવે છે. આમ પાણીનેા ઉષ્ણુતાનયન પ્રવાહ ચાલુ થશે.

ઉષ્ણુતાનયનને લીધે ઉત્પન્ન થતા પાણીના પ્રવાહનેા ઉપયેાગ શીત દેશેામા ઓરડા ગરમ કરવામાં થાય છે. આકૃતિ (૧૫૮) માં એવી જાતના ઓરડા ગરમ કરવાની રચના બતાવવામાં આવી છે. નીચે ઊકળતા પાણીનેા બંબેા (boiler) રાખ્યેા છે. તેમાંથી ગરમ થયેલું હલકું પાણી ન નળીવાટે ર અને ર' આગળ ઓરડાને ફરતે નળીનાં ગૂંછળાં રાખેલાં છે તેમાં જાય છે અને ઓરડાને ગરમ કરે છે.

આકૃતિ ૧૫૮

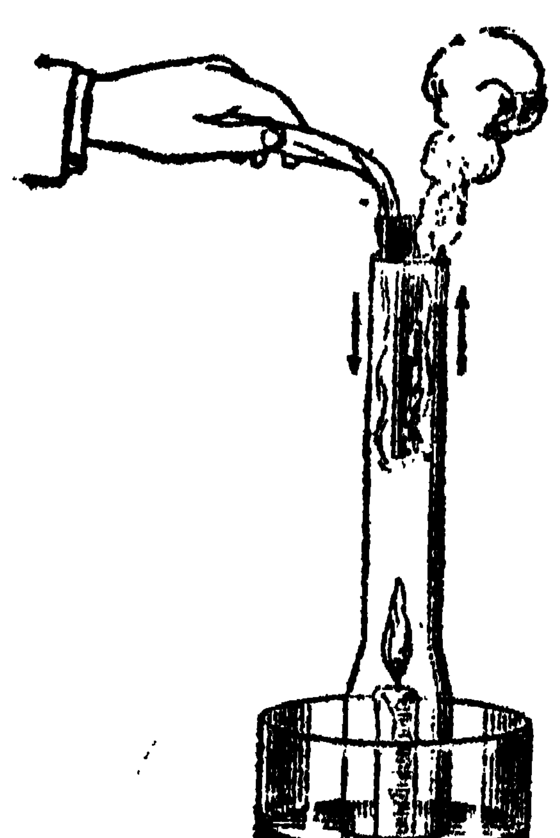


એ પાણી ઠંડું થઇને ન' વાટે પાછું ર નળીમાં થઇને બંબામાં દાખલ થાય છે. જો પાણી વધુ ગરમ થવાથી વિસ્તૃત થાય તો ઘરના માળ ઉપર રાખેલા વાલ્વ વ દ્વારા વધારાનું પાણી બહાર નીકળી જાય છે. ધૂમાડિયાં ઘ વાટે ગરમ થએલી હવા અને ધમાડો બહાર નીકળી જાય છે.

નીચેના પ્રયોગ વડે પણ હવાના ઉષ્ણતાનયન પ્રવાહની ખાતરી થાય છે.

પ્રયોગઃ—એક વાસણમાં મીણબત્તી ઊભી રાખો અને થોડું પાણી રેડી એ મીણબત્તીની ફરતે એક ઊંચી કાચની ચિમની ઊભી રાખો (આકૃતિ ૧૫૯). મીણબત્તીને એમ ને એમ સળગાવશો તો એ થોડીવાર સળગીને હોલવાઇ જશે, પરંતુ ચિમનીની ટોચને બે ભાગમાં વહેંચે તેવું એક કાગળનું પૂઠું રાખશો તો મીણબત્તી બળવા લાગશે. એકાદ ધૂમાતું બ્રાઉન પેપર અથવા લાકડું એક બાજુ રાખશો તો ધૂમાડો હવાના ઉષ્ણતાનયનનો પ્રવાહ બતાવશે. પૂઠાંની એક બાજુના ભાગમાંથી ઠંડી હવા નીચે ઊતરશે અને બીજી બાજુના ભાગમાંથી ગરમ હવા ઊંચે ચઢશે. વચ્ચે પૂંઠું મૂકવાથી હવાને જવા આવવાને બે જુદા માર્ગ મળે છે. જો પૂઠું કાઢી લઇએ

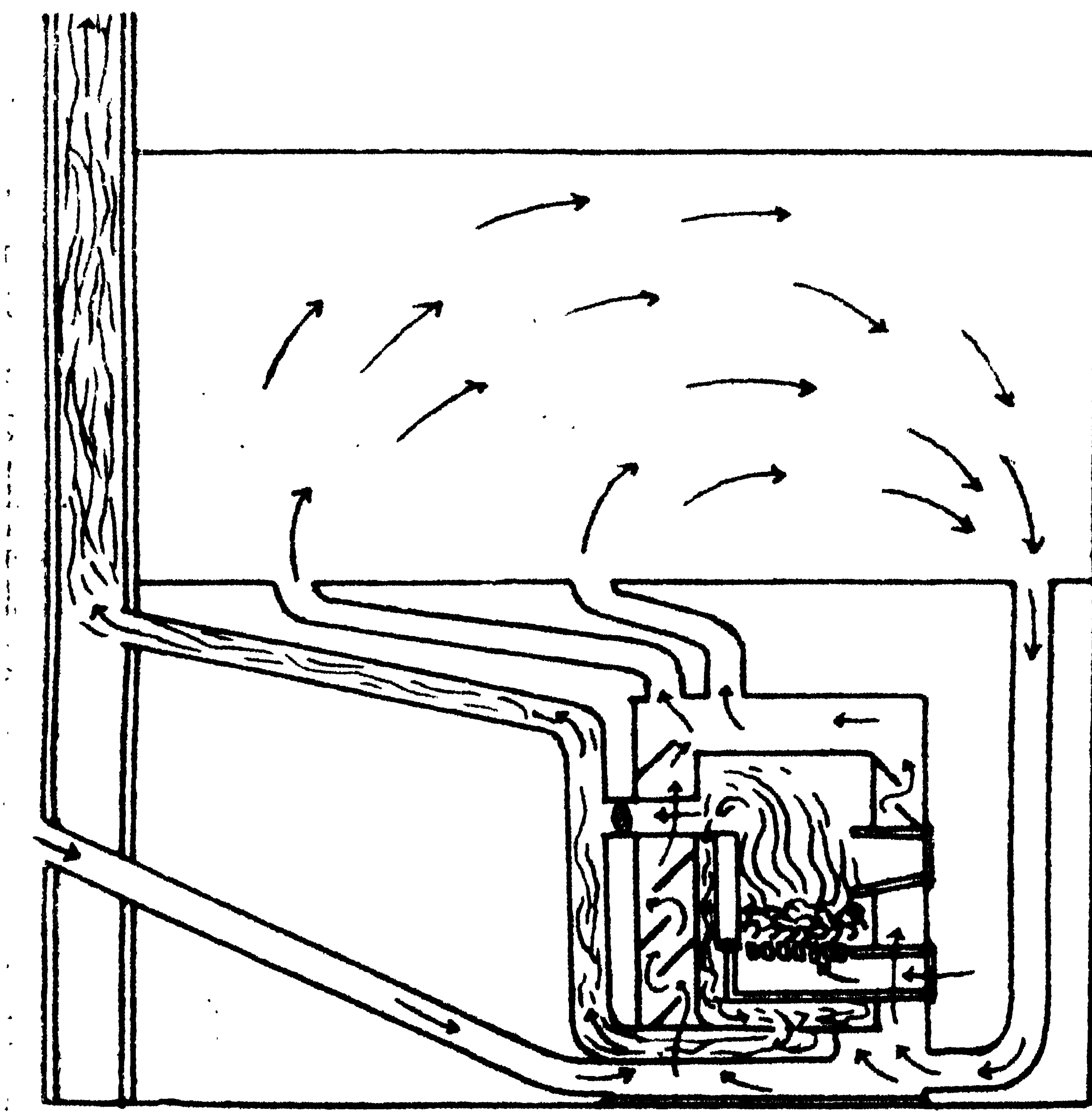
આકૃતિ ૧૫૯



તો તુરત જ એકસામટી ગરમ હવા ઊંચે જવા પ્રયત્ન કરે છે અને ઠંડી હવા નીચે આવવાનો પ્રયત્ન કરવાથી તેનો માર્ગ રોકે છે. આ પ્રમાણે હવાનો પ્રવાહ બંધ થઇ જાય છે અને મીણબત્તી બૂઝાઇ જાય છે.

ઉપરના પ્રયોગનો ઉપયોગ ગરમ હવાના ઉષ્ણુતાનયનના પ્રવાહ વડે ઓરડાઓ ગરમ કરવામાં પણ થાય છે. આકૃતિ (૧૬૦) માં એક પ્રકારની રચના બતાવવામાં આવી છે. નીચેની ભઠ્ઠીમાં તળિયાંમાંથી હવાનો પ્રવાહ દાખલ થાય છે. એ હવા

આકૃતિ ૧૬૦

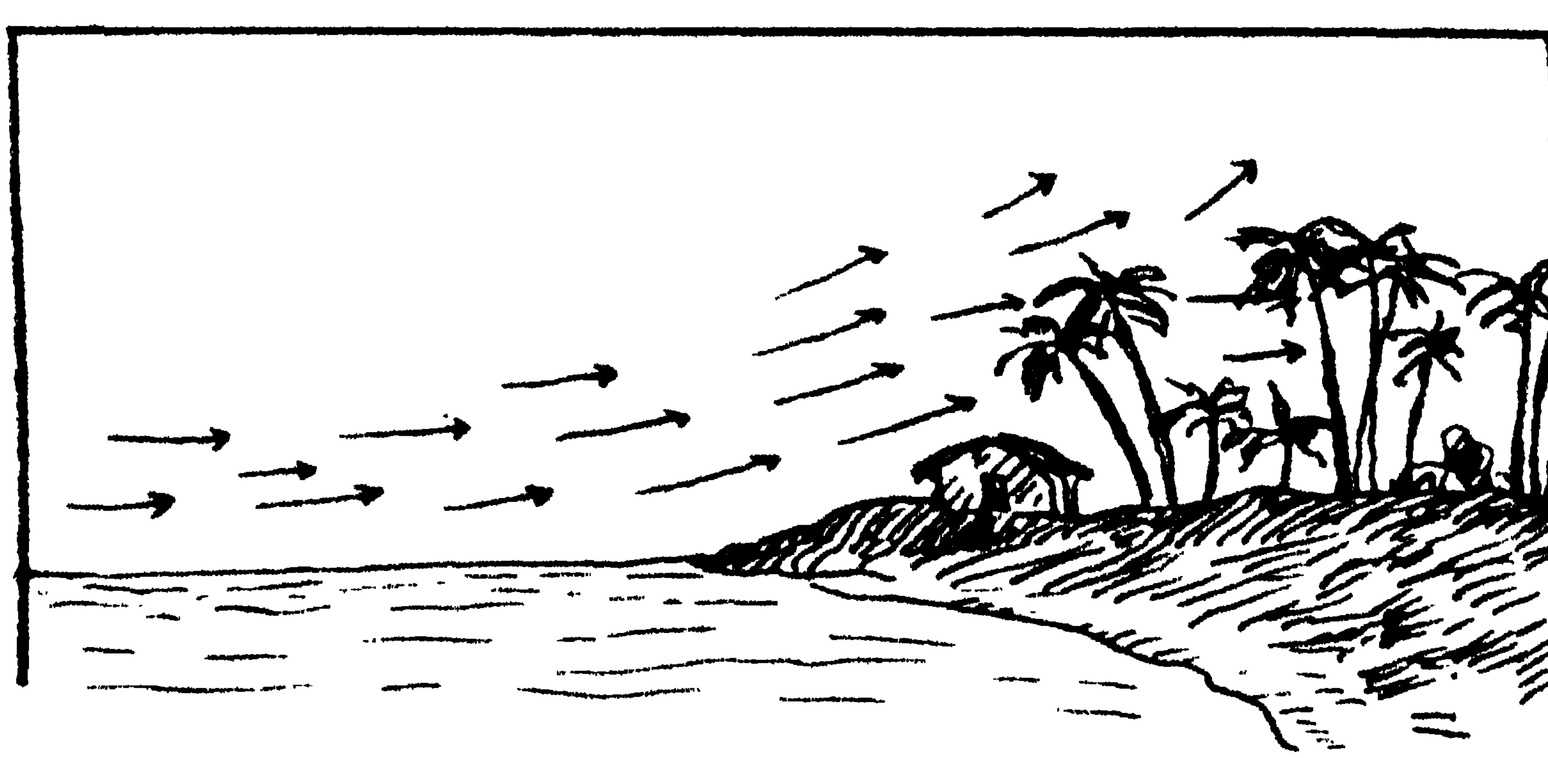


ભઠ્ઠીમાં બળવાથી ઉત્પન્ન થયેલો ધુમાડો ડાબી બાજુના ધૂમાડિયામાં થઇને ઊંચે ચઢી બહાર નીકળે છે. ભઠ્ઠીની ઉપલા ભાગમાંની હવા તેના તાપથી ગરમ થઇ ઘરના ઓરડામાં તીરથી દર્શાવ્યા પ્રમાણે વહે છે અને ઓરડાને ગરમ રાખે છે. એ ઓરડામાં ઠંડી પડેલી હવા નીચે ઊતરી ભઠ્ઠીની ફરતે ફરીને ગરમ થઇ પાછી ઊંચે ચઢે છે અને ઓરડામાં દાખલ થાય છે. આમ ઉષ્ણુતાનયનના હવાના પ્રવાહ ચાલુ રહેવાથી ઓરડો હમેશાં ગરમ રહે છે.

૬. સમુદ્ર અને જમીનલહરી

જુદે જુદે સ્થળે પૃથ્વીની સપાટી એક સરખી ગરમ ન થતી હોવાને લીધે વાતાવરણમાં ઉષ્ણુતાનયનના (convec-tion) પ્રવાહો ઉત્પન્ન થાય છે. મોટા સમુદ્ર પાસે ઉત્પન્ન

આકૃતિ ૧૬૧



પવનની સમુદ્રલહરી.

થતી રાતદિવસની પવનની લહરીઓનું કારણ પણ એજ છે. દિવસે જમીનની સપાટી પાણીની સપાટી કરતાં વધુ ગરમ થઇ જાય છે; કારણ કે પાણીની વિશિષ્ટ ઉષ્ણુતા જમીનના કરતાં

આકૃતિ ૧૬૨



પવનની જમીન લહરી.

વધુ છે. આથી જમીનની હવા વિસ્તૃત થઇ ઊંચે ચઢે છે અને પ્રમાણમાં સમુદ્રની હલકી હવા તેની જગ્યાએ દોડી આવે છે (આકૃતિ ૧૬૧). આ પ્રવાહો સાંઝનાં સૈાથી વિશેષ પ્રમાણમાં ચાલુ થાય છે. રાતે પાણી કરતાં જમીન જલદી ઠંડી થઇ જાય છે, એટલે જમીન લહરી ઉત્પન્ન થાય છે (આકૃતિ ૧૬૨). આ પ્રવાહની અસર સમુદ્રથી પચ્ચીસ માઇલથી વધુ દૂર માલૂમ પડતી નથી.

સમુદ્રની સપાટી અસમાન રીતે ગરમ થવાને લીધે અને હવાના પ્રવાહને લીધે સમુદ્રમાં પાણીના પ્રવાહો પણ ઉત્પન્ન થાય છે. મેાટા સમુદ્રની સપાટીના ટેમ્પરેચરના ફેરફારો અને પવનના પ્રવાહો ધ્યાનમાં લઇને એ પ્રવાહોની દિશા નિશ્ચિત થઈ શકે છે.

૭. ઉષ્ણુતાગમન Radiation

ઉષ્ણુતા નિર્ગમન કેટલીકવાર એવી રીતે થાય છે કે તેનું કારણ ઉષ્ણુતાવહન (conduction) અને ઉષ્ણુતાનયન convection) બેમાંથી એક પણ નથી હોતું. એક બળતી ભઠ્ઠીની નજીક બેઠેલા હોઇએ ત્યારે જે ગરમી આપણને લાગે

છે તે ઉષ્ણુતાનયન (convection) વડે આવી શકે નહિ; કારણ કે ગરમ વાયુ સગડીમાંથી ઊંચે ચઢે છે. એથી ઉલટું આપણે બેઠેલા હોઇએ ત્યાંથી સગડી તરફ હવાનો ઠંડો પ્રવાહ જાય છે અને નહિ કે સગડીથી આપણા તરફ. વાયુમાં ઉષ્ણુતાવહન (conduction) એટલું ઓછું થાય છે કે તે વડે સહેજસાજ ગરમી આવી હોય તે પાછી ઉષ્ણુતાનયનથી જે ઠંડો પવન સગડી તરફ ધસે છે તેનાથી જરૂર ઓછી થઇ જાય છે. આ ઉપરથી સમજાય છે કે ગરમીના નિર્ગમન (transfer) નો બીજો પણ એક પ્રકાર છે.

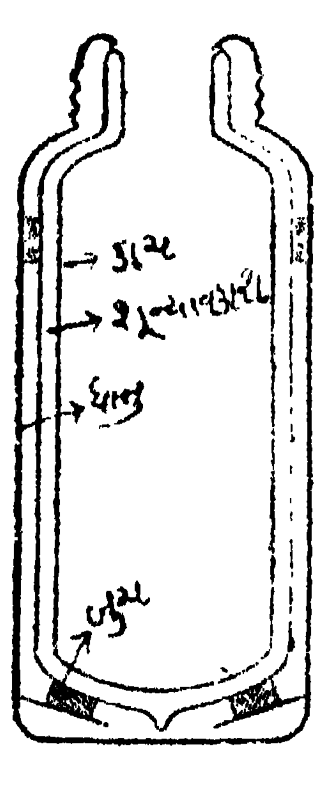
સૂર્યમાંથી પૃથ્વીને પહોંચતી ઉષ્ણુતા એ પ્રકારની સંપૂર્ણ ખાતરી આપે છે. ઉષ્ણુતાવહન અને ઉષ્ણુતાનયન (conduction and convection) માટે હમેશાં કોઇપણ દ્રવ્ય આવશ્યક છે. સૂર્ય અને પૃથ્વીની વચ્ચે પૃથ્વીના થોડા વાતાવરણ સિવાય ખાસ બીજું કોઈ દ્રવ્ય નથી, છતાં આપણને ઉષ્ણુતા મળે છે. આનો અર્થ એ છે કે દ્રવ્યના અભાવમાં પણ ઉષ્ણુતાનો સંચાર થાય છે. આને ઉષ્ણુતાગમન (radiation) કહેવામાં આવે છે. ઉષ્ણુતાગમન પણ એક જાતના પ્રકાશનાં મોજાં વડે થાય છે. પ્રકાશના રંગપટ (spectrum) ની અંદર એક બાજુ રાતો પ્રકાશ અને બીજી બાજુ જાંબલી પ્રકાશ હોય છે. ઉષ્ણુતાના પ્રકાશના કિરણો અદૃશ્ય હોય છે. એ કિરણોને અધોરક્ત કિરણો (infra-red rays) કહેવામાં આવે છે. વળી એ કિરણોની ખાસ ખૂબી એ હોય છે કે જે માર્ગમાંથી એ પ્રકાશ પસાર થાય છે તે માર્ગમાં આવતાં પારદર્શક દ્રવ્યના ટેમ્પરેચરમાં તે ખાસ વધારો કરતાં નથી. આ કારણને લીધે વાતાવરણમાંથી એ કિરણો પસાર થાય છે છતાં તેને તે ગરમ

કરતાં નથી, જેમ આપણે વધુ ઊંચે સૂર્ય તરફ જઈએ તેમ હવામાન ઠંડુ બને છે. ઉષ્ણતાવહન અને ઉષ્ણતાનયન માટે કોઈપણ દ્રવ્યના માધ્યમ (medium) ની અવશ્ય જરૂરિયાત પડે છે; જ્યારે ઉષ્ણતાગમન આકાશમાંથી દ્રવ્ય વિના પ્રકાશના કિરણરૂપે પ્રસરે છે. ઉષ્ણતાવહન અને ઉષ્ણતાનયનમાં દ્રવ્યના અણુ ગરમ થઈ જાય છે. ઉષ્ણતાગમનમાં વચ્ચેનું મધ્યમ ગરમ થતું નથી.

૮. થર્મોસ શીશી Thermos flask

આકૃતિ (૧૬૩) માં થર્મોસ શીશી બતાવી છે. એની અંદર ગરમ વસ્તુ ગરમ અને ઠંડી વસ્તુ ઠંડી રહે છે. એ શીશીની બહારનું કવર ધાતુનું હોય છે અને અંદરના ભાગમાં એક કાચની બે દીવાલવાળી બરણી હોય છે. એ દીવાલોની વચ્ચેની હવા શોષી લઈને બને તેટલું શૂન્યાવકાશ બનાવવામાં આવે છે. વળી અંદરની દીવાલના બહારના ભાગને અને બહારની દીવાલના અંદરના ભાગને ચળકતો ઢોળ ચઢાવેલો હોય છે. કાચની બે દીવાલની વચ્ચેની હવા કાઢી લીધેલી હોવાથી ઉષ્ણતાનયન કે ઉષ્ણતાવહન થઈ શકતું નથી. વળી દીવાલને રૂપાના ઢોળની પૉલીશ કરેલી હોવાથી ઉષ્ણતાના કિરણોનું પરાવર્તન (reflection) થાય છે, અને તેથી ઉષ્ણતાગમન ઓછું થાય છે. શીશી અને ધાતુના ઢાંકણ વચ્ચે પણ બૂચ જેવા મંદવાહક ટુકડાઓ રાખેલા હોવાથી ધાતુની ગરમી પણ અંદરની શીશીની ઉપર અસર કરતી નથી. આમ થર્મોસ શીશીમાં ઉષ્ણતાવહન, ઉષ્ણતાનયન

આકૃતિ ૧૬૩



અને ઉષ્ણુતાગમન બને તેટલાં ઓછાં થવાથી ગરમ વસ્તુ અંદર રાખી હોય તો તે ગરમ જ રહે છે અને ઠંડી વસ્તુ ઠંડી જ રહે છે. બરણીનું મોં પણ લાકડાના બૂચ વડે બંધ કરવામાં આવે છે. એની અંદર ગરમ વસ્તુ લગભગ ચોવીસ કલાક ગરમ રહી શકે છે.

૯. ઉષ્ણુતાગમનનું પરાવર્તન
Reflection of radiation

જેમ પ્રકાશનાં કિરણોનું પરાવર્તન થાય છે તેમ ઉષ્ણુતાનાં કિરણોનું પણ પરાવર્તન થાય છે. જેમ સપાટી વધુ પૉલીશવાળી, તેમ પરાવર્તન વધુ થાય છે. આથી એકદમ ચળકતી સપાટી હોય તો તે ઓછી ગરમી સ્વીકારે છે. વળી સફેદ વસ્તુ ગરમીના કિરણોનું સૌથી વધુ પરાવર્તન કરે છે. કાળી અને ખરબચડી વસ્તુ એ કિરણોને શોષે છે, અને તેથી તે વધુ ગરમ થાય છે. આ કારણથી ગરમીના દિવસોમાં કાળી છત્રી કરતાં સફેદ છત્રી વધુ ઇચ્છવાલાયક છે. કાળાં વસ્ત્રો હોય તો ગરમીના કિરણો વધુ પ્રમાણમાં શોષે છે અને તેથી આપણને વધુ તાપ લાગે છે. એટલે ઊનાળામાં સફેદ કપડાં પહેરવાં બહુ ફાયદાકારક છે. કાળાં ચામડી-વાળાં પ્રાણીને તાપ વિશેષ લાગે છે અને તેથી હંમેશાં તે તાપમાં ઠંડા પાણીમાં પડી રહેવાનું વિશેષ પસંદ કરે છે. ખાસ કરીને ભેંસ, ડુક્કર વગેરેને કાદવમાં પડી રહેવાનું વિશેષ પસંદ હોય છે. તેનું કારણ એ છે કે જે કાદવ સુકાઇને શરીર ઉપર માટીનો થર બાઝે તે માટી ઘણી મંદ ઉષ્ણુતાવાહક હોવાથી તેમાંથી બહારની ગરમીને શરીરના અંદરના ભાગને પહોંચતાં વાર લાગે છે. કાદવમાં રહેલા ભેજને સુકાતાં પણ ઘણો સમય લાગે છે, એટલે તેનાથી પણ ઠંડક રહે છે.

સાર

૧. ઉષ્ણતા નિર્ગમનના ત્રણ પ્રકાર છે;-(૧) ઉષ્ણુતાવહન (conduction), (૨) ઉષ્ણુતાનયન (convection) અને (૩) ઉષ્ણુતાગમન (radiation).

૨. ઉષ્ણુતાવહન મુખ્યત્વે ઘન વસ્તુમાં થાય છે. પ્રવાહી અને વાયુમાં ઓછું થાય છે. જે અણુ ગરમ થાય તે તેની ગરમી બાજુના અણુને આપે છે અને તે અણુ તેની નજીકના અણુને આપે છે. પદાર્થના અણુ પોતાની જગ્યાથી ખસી જતા નથી અને ઉષ્ણુતા માત્ર એકબીજા અણુની સાથે આપલે થવાથી આગળ વધે છે.

૩. ઉષ્ણુતાનયન ઘન વસ્તુમાં નથી થતું, પરંતુ પ્રવાહી અને વાયુમાં થાય છે. એ પ્રકારમાં પદાર્થના ગરમ થતા અણુ ગતિમાં આવે છે અને સાથે ઉષ્ણુતાને એકથી બીજે સ્થળે પહોંચાડે છે. એ અણુની જગ્યાએ બીજા ઠંડા અણુ આવે છે અને ગરમ થતાં દૂર ચાલી જાય છે. પાણી ઊકળે ત્યારે અને હવા ગરમ થાય ત્યારે ઉષ્ણુતાનયનના પ્રવાહો ઉત્પન્ન થાય છે. આ ઘટનાનો ઉપયોગ ગરમ પાણી વડે અથવા ગરમ હવા વડે શિત પ્રદેશોમાં ઘરના ઓરડાને ગરમ રાખવામાં થાય છે. ગરમ કરેલી હવા અગર પાણી આપમેળે ઊંચે ચઢે છે અને ગરમી પહોંચાડે છે, અને ઠંડુ થયેલું પાણી બંબામાં નીચે ઊતરે છે. દિનરાતના હવામાનના ટેમ્પરેચરના ફેરફારને લીધે સમુદ્ર અને જમીન ઉપર પણ ઉષ્ણુતાનયનના પ્રવાહો ઉત્પન્ન થાય છે.

૪. ઉષ્ણુતાગમન પારદર્શક માધ્યમમાંથી અથવા વિના માધ્યમે પણ થાય છે. પ્રકાશના રક્ત અને અધોરક્ત કિરણ વડે ઉષ્ણુતાગમન થાય છે. વચ્ચેના પારદર્શક માધ્યમને એ કિરણો ગરમ કરતાં નથી. ઉષ્ણુતાગમનને લીધે શૂન્યાવકાશમાં ગરમ ચીજ રાખી હોય તે

પણ ઠંડી થઇ જાય છે. સૂર્યમાંથી મળતી ગરમી ઉષ્ણુતાગમન વડે આપણુને મળે છે.

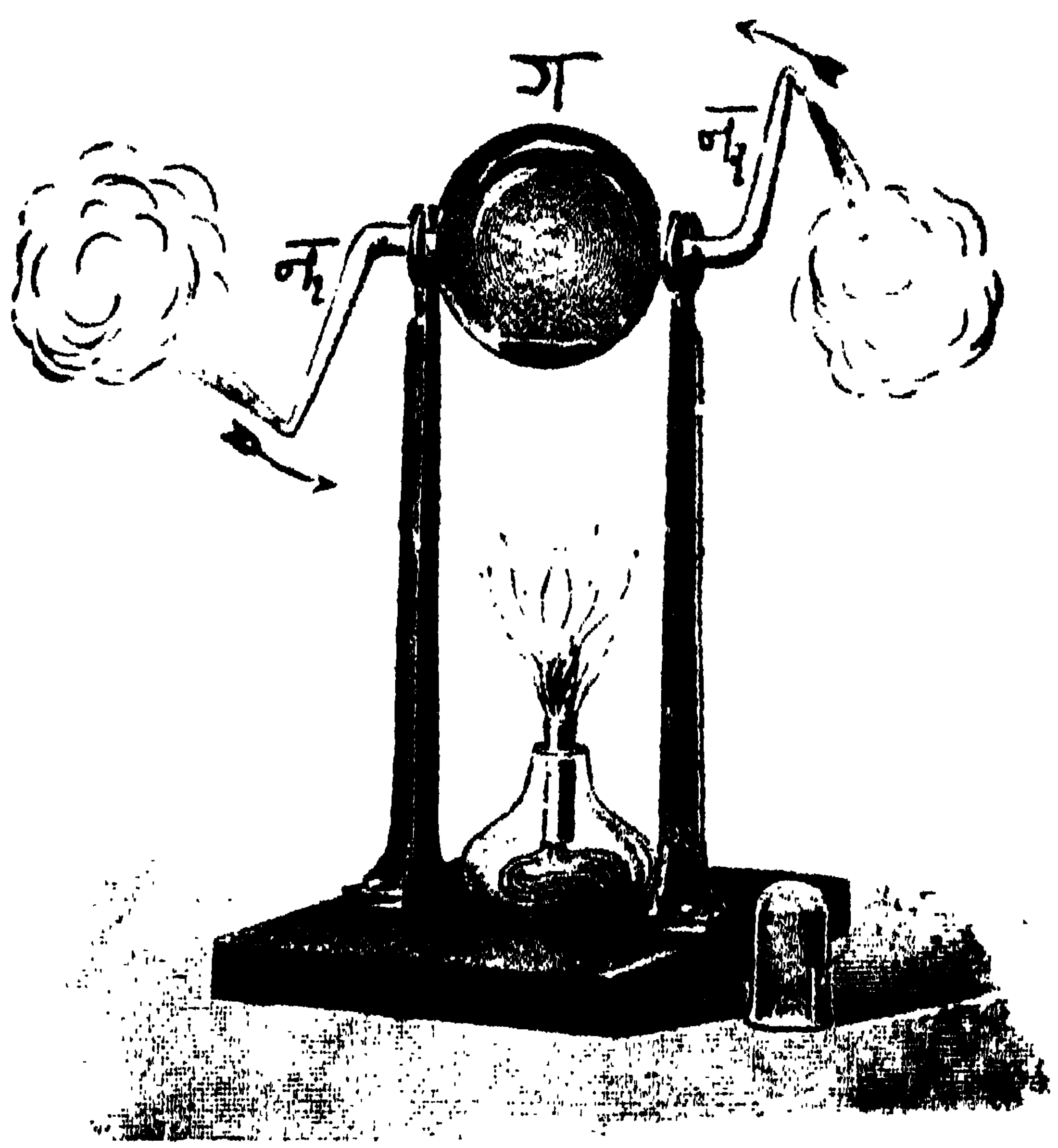
૫. થર્મોસ શીશીમાં ઉષ્ણુતાવહન અને ઉષ્ણુતાનયન બને તેટલું અટકાવવામાં આવે છે, કારણુ કે એ શીશીમાં દિવાલ બેવડી હોય છે અને તેમાંથી હવા શોષી લીધેલી હોય છે. ઉષ્ણુતાગમન અટકાવવા માટે બહારની અને અંદરની દિવાલને ચકચકિત બનાવવામાં આવે છે એટલે ઉષ્ણુતાગમનના મોજાંનું પરાવર્તન થાય છે.

પ્રકરણ ૧૭

સ્ટિમ અને પેટ્રોલ એન્જીન

ત્રણસો વર્ષ ઉપર ઇંગ્લન્ડમાં અને સ્કૉટલૅન્ડમાં કોલસાની ખાણોમાંથી મજૂરો જાતે ભાર ઊંચકી કોલસા ખોદી કાઢતાં હતાં. ત્યાર પછી ઘોડા જોડી ગરગડી વગેરેના ઉપયોગથી વધુ ભારે ખેંચી કાઢવામાં આવતો. આમ છતાં કોલસાની ખાણમાંથી કોલસો કાઢવા માણસોની મજૂરી પૂરતી થતી નહિ, એટલે માણસની જગ્યાએ કોઇ એવાં યંત્રની જરૂરિયાત પડી કે જે વડે માણસ કરે તેનાથી વિશેષ ઝડપથી

આકૃતિ ૧૬૪



કાર્ય થઇ શકે. જો આવું યંત્ર તૈયાર ન થાય તો ખાણો વધુ ઊંડી ખોદી શકાય નહિ અને કોલસાનો જથ્થો ખૂટી પડે. એટલામાં વરાળયંત્ર (steam engine) ની શોધ થઇ અને

ધીમે ધીમે તેમાં એટલો સુધારો થતો ગયો કે તેથી બધાંને વિશ્વાસ ઉત્પન્ન થયો કે એ યંત્ર વખત જતા ધારેલું કાર્ય પાર પાડશે.

૨. સાદું વરાળયંત્र Simple Steam Engine

આકૃતિ (૧૬૪) માં એક ન૧ અને ન૨ નળીવાળો કાચનો ગોળો ગ બતાવ્યો છે. એમાં થોડું પાણી રાખી ઊકાળવામાં આવે તો વરાળ ન૧ અને ન૨ નળીવાટે જોરથી બહાર નીકળે છે અને અને નળીને પ્રત્યાઘાત (reaction) કરે છે. આ પ્રત્યાઘાતને લીધે એ ગોળો ચક્રાકાર ફરવા લાગે છે. વરાળના બળની ખાતરી કરી આપતા આ પ્રયોગ વડે વરાળ-યંત્ર કેમ રચી શકાય તેની કલ્પના કરી શકાય છે.

૩. પેપિનનું વરાળયંત્ર

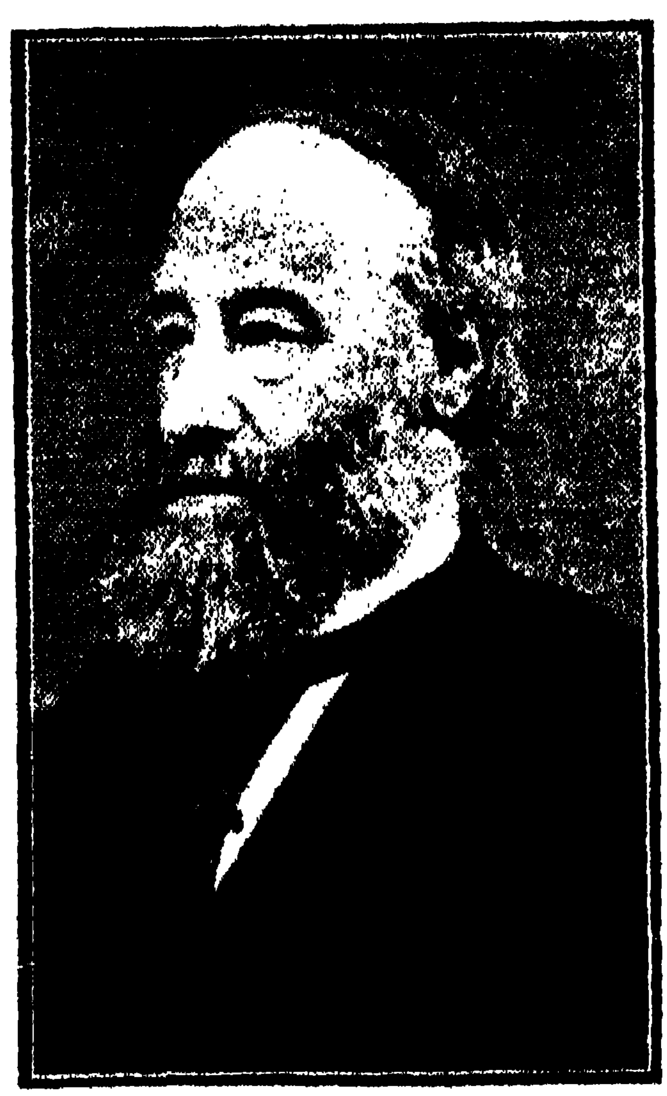
સૌથી પહેલું વરાળયંત્ર ફ્રાન્સના પેપિન નામના શોધકે તૈયાર કર્યું હતું તેણે એક નળીની અંદર ચુસ્ત બેસે તેવો પિસ્ટન લઇને નળીના તળિયામાં થોડું પાણી રેડી તેને ખૂબ ગરમ કરી એટલે પિસ્ટન ઉંચે ચઢ્યો. નળીની નીચેનો તાપ દૂર કર્યો કે નળીની વરાળ ઠંડી પડી અને તેનું પાણી થયું. આથી પિસ્ટનની નીચે શૂન્યાવકાશ (vacuum) થયું એટલે ઉપરની હવાના દબાણથી પિસ્ટન પાછો નીચે ઊતર્યો. વળી તાપ લગાડવાથી ઊંચે ચઢયો અને નળી ઠંડી પડવાથી તે પાછો નીચે ઊતર્યો. પિસ્ટનની ઉપર ભારે વજન મુક્યું તો પણ તેની સાથે ઊંચેનીચે જવા લાગ્યું. આ યંત્ર વડે મોટું વજન ઉપાડી શકાતું હતું, પરંતુ તેને એક વેળા ઊંચકવામાં ઘણો સમય લાગતો; કારણ કે ઠંડું પડેલું પાણી ગરમ થઇ વરાળ બને ત્યારે પિસ્ટન ઊંચો

ચઢતો અને જ્યારે એ વરાળ ઠંડી થઇ પાછી પાણી રૂપ થા ત્યારેજ તે નીચે ઊતરતો. આ રીત બહુજ ધીમી અને ઘણ અગવડભરેલી હતી. આમ છતાં વરાળના પ્રચંડ બળની ખાતર પેપિનને થઇ હતી અને ત્યાર પછી આ બળનો ઉપયોગ કરવ તરફ ઘણાનું ધ્યાન ખેંચાયું.

ઉપર્યુક્ત યંત્રનો આધાર લઇ ન્યુકોમેન નામના એક લુહ એવા જ પ્રકારનું સારૂં યંત્ર તૈયાર કર્યું અને તેના ૦ ખાણુમાંથી પાણી અને કોલસા કાઢી શકાય એવી તેની રચ કરી. વરાળયંત્રના પિસ્ટનને એક દોરડું બાંધી એક ગરગ ઉપરથી પસાર કરી એક પાણીના પંપના પિસ્ટનને બાંધવા આવ્યું. આથી પંપનો પિસ્ટન વરાળના બળથી ચાલતા પિસ્ટ વડે ઊંચોનીચો થતો. આ યંત્રના એક ફટકા (stroke) વડે પ ગૅલન પાણી ૫૦ યાર્ડ ઊંચે ચઢી શકતું. આ યંત્રમાં વરાળ ઠંડી પાડવા માટે દર વખતે યંત્ર ઉપર ઠંડું પાણી રેડવા આવતું. એક દિવસ આમ યંત્ર ચાલુ હતું, ત્યારે એકાએ તેની ઝડપ વધી ગઇ અને ઘણા લાંબા વખત સુધી ઝડપથ તેણે કામ આપ્યું. તેનું કારણ એવું જણાયું કે યંત્ર ઉપ ઠંડું પાણી છાંટવામાં આવતું તેમાંથી દર વખતે થોડુંથોડું પાણ પિસ્ટનમાં પડેલા એક બારીક કાણા વાટે વરાળ આવે નળીમાં દાખલ થતું અને તેથી વરાળ ઝટ ઠંડી પડી જતી. આ બનાવનો ઉપયોગ ન્યુકોમેને નવીન જાતનું યંત્ર રચવામાં કર્યો એ યંત્રના પિસ્ટનમાં વરાળ અને ઠંડું પાણી વારાફરતી ચકલીને ઉઘાડઢાંક કરી દાખલ કરવામાં આવતાં. હમ્ફ્રી પોટ નામના એક છોકરાને એ ચકલી ઉઘાડઢાંક કરવાનું કાર્ય સોંપ્ હતું. તેણે એ કાર્ય આપમેળે પિસ્ટનના હલનચલનથી થઈ શ



જેઇમ્સ વૅટ (૧૭૩૬-૧૮૧૯)



લૉર્ડ કેલ્વિન (૧૮૨૪-૧૯૦૭)

તેવી રચના કરી. એ કાર્ય તેણે શોધ કરવાની દૃષ્ટિથી નહોતું કર્યું, પરંતુ યંત્ર ચાલે તે દરમિયાન છૂટી મળે અને કામનો વખત રમવામાં ગાળી શકાય તેટલા પૂરતું જ બુદ્ધિ દોડાવી કર્યું હતું. ન્યુકોમેનનાં યંત્ર વડે કોર્નવોલની ધાતુની ખાણો બમણી ઊંડી ખોદી કઢાઇ. આમ છતાં આ યંત્ર ચલાવવામાં ખૂબ બળતણ વપરાતું હોવાથી યંત્ર બહુ ખર્ચાળ થઈ પડતું. એટલામાં એક નવો શોધક પાક્યો અને તેણે આ સર્વ મુશીબતો દૂર કરી.

૪. વૅટનું યંત્ર વૅટ લંડનમાં એક યંત્રવાળાની દુકાનમાં યંત્રકળા શીખવા રહ્યો હતો અને એકજ વર્ષમાં તેણે પોતાનો ધંધો શીખી લીધો. આમ છતાં તેણે સાત વર્ષનો અનુભવ લીધો ન હોવાથી તેને ગીલ્ડર ઓફ હેમરમેન નામના મંડળે પોતાના સભ્ય તરીકે સ્વીકાર્યો નહિ. આથી કાર્યનો માહીતગાર હોવા છતાં તેને નોકરી મળી શકી નહિ. પરંતુ ગ્લાસગો યુનિવર્સિટીમાં તેને નોકરી મળી ગઇ અને જુદાં જુદાં યાંત્રિક સાધનો બનાવી વેચવા માટે એને એક નાની સરખી યંત્રશાળા સોંપવામાં આવી. એ વખતે ગ્લાસગો યુનિવર્સિટીનું ન્યુકોમેનનું એક એન્જીન બગડી ગયું અને લંડનના યંત્રકારોથી તે સુધરી શક્યું નહિ; એટલે તે વૅટને સોંપવામાં આવ્યું. આ યંત્રને સુધારવા પહેલાં તેણે વરાળ અને યંત્રો વિષે જેટલું સાહિત્ય ઉપલબ્ધ હતું, તેટલા બધાનો અભ્યાસ કર્યો. એ અભ્યાસને પરિણામે તેણે હાલના જેવું વરાળયંત્ર રચ્યું. પાણીથી વરાળને નળીમાં ઠંડી પાડવાને બદલે જ્યારે પિસ્ટન ઊંચો થાય ત્યારે નીચેની વરાળ એક ચકલી વાટે નીકળી જઇ શકે અને પિસ્ટનના

ઉપરના ભાગમાંથી ગરમ વરાળ દાખલ થઇ પિસ્ટનને પાછો અસલ સ્થિતિમાં લાવે તેવી રચના કરી. આ જ જાતના એન્જીનનો ઉપયોગ સ્ટિફનસને આગગાડી તૈયાર કરવામાં કર્યો હતો.

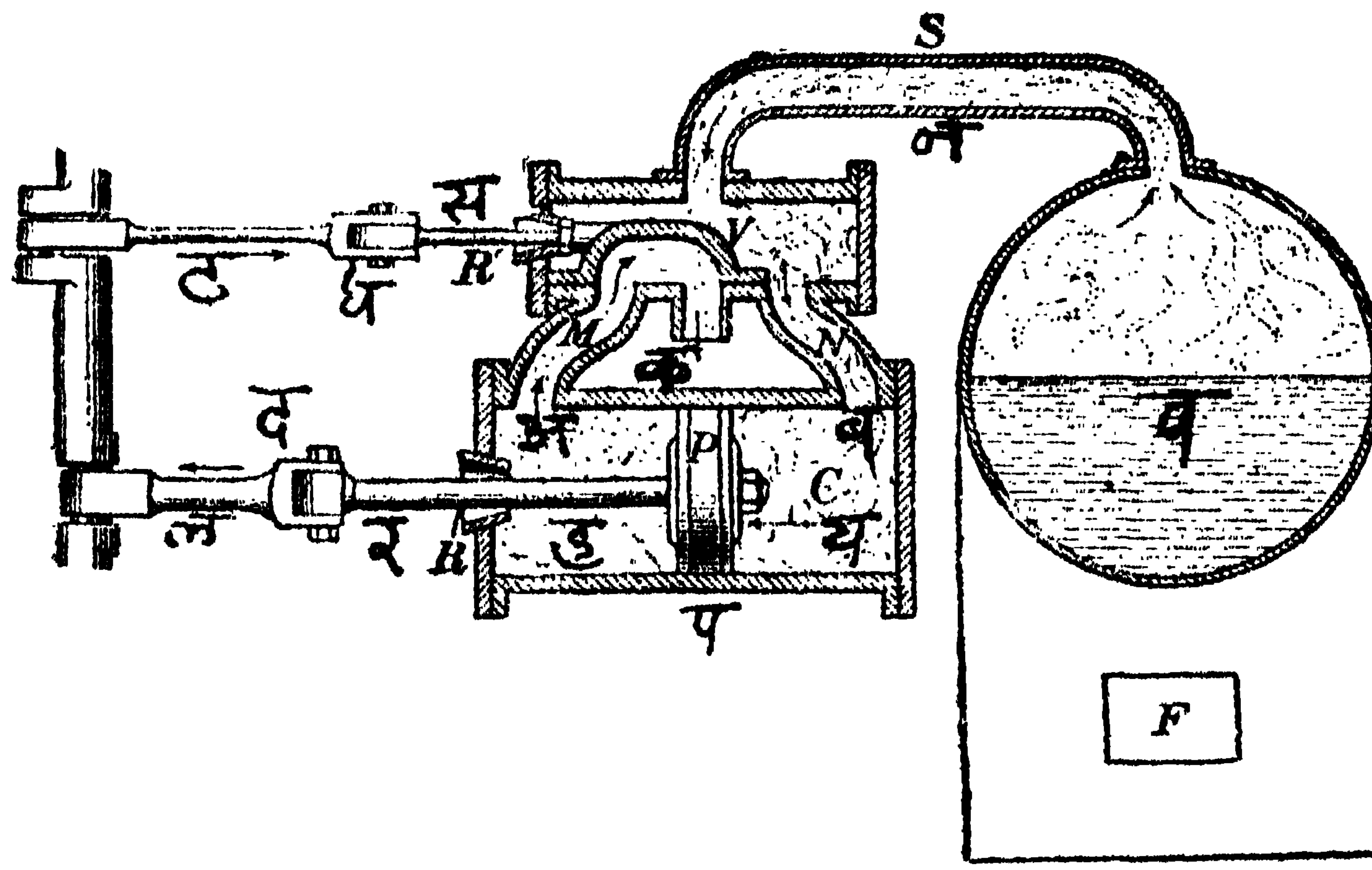
૫. સ્ટિફનસન અને આગગાડી

વરાળયંત્રને સફળતાપૂર્વક વાહન તરીકે વાપરવા માટે જગત સ્ટિફનસનનું આભારી છે. આગગાડીની શોધ થઇ તે પહેલાં ભાર વહેવા માટે લોખંડના રસ્તા તૈયાર કરવામાં આવ્યા હતા, પરંતુ વાહકબળ માટે પ્રાણી અથવા મનુષ્યના બળનો જ ઉપયોગ કરવામાં આવતો હતો. કલાકના ૧૦ માઇલની ઘોડાની ઝડપથી એકી સાથે વધુમાં વધુ પાંચ કે દશ માણસો મુસાફરી કરી શકે, પરંતુ આગગાડી વડે અનેકગણો ભાર ખેંચાતું બની શકે છે એટલું જ નહિ, પરંતુ આજે કલાકના ૬૦ માઇલથી ૯૦ માઇલ સુધીની ઝડપે મુસાફરી કરી શકાય છે. ન્યુકોમેન અને વૅટના યંત્રે વરાળના બળની ઝાંખી કરાવી હતી છતાં ભાર વહેવાના અને આવવાજવાના વાહન તરીકે ઉપયોગ કરવાની શોધ સ્ટિફનસનને આભારી છે. કહેવાય છે કે તેને જન્મથી વરાળના બળની પ્રતીતિ થઇ હતી. એક વાર ચહાદાનીમાં પાણી ઊકળતું હતું ત્યારે વરાળના બળથી એનું ઢાંકણું ઊંચુંનીચું થતું હતું તે ઉપરથી તેને તે બળને અપનાવવાનો વિચાર સ્ફૂર્યો હતો.

૧૮૨૫ માં પ્રથમ "રોકેટ" નામનું આગગાડીનું એન્જીન તૈયાર થયું અને તેણે કલાકના બાર માઇલની ઝડપે મુસાફરી કરી. એ એન્જીનને માટે લોખંડનો રસ્તો તૈયાર કરવામાં પાર્લામેંટની મંજુરી મેળવવી પડી હતી અને એ મંજુરી આપવા માટે એક સમિતિ નીમવામાં આવી હતી. સમિતિના

કેટલાક સભ્યોને એમ લાગ્યું કે કલાકના બાર માઇલથી વધુ ઝડપ જોખમકારક ગણાય. સ્ટિફનસને સાદા દૃષ્ટાંત વડે સમજાવ્યું કે એક રસ્તા ઉપર જેમ ઝડપથી મુસાફરી થાય તેમ રસ્તાની ભાર ઝીલવાની શક્તિ વધે. અંતે એ સમિતિને સ્ટિફનસનની દલીલો સ્વીકારવી પડી અને આગગાડીની પ્રગતિને વેગ મળ્યો.

આકૃતિ ૧૬૫



૬. આગગાડીનું વરાળયંત્ર

આકૃતિ (૧૬૫)માં વરાળયંત્રની રચના બતાવી છે. न નળી વાટે તીરથી બતાવ્યા મુજબ વરાળ દાખલ થાય છે. એ વરાળ ब માર્ગે જે મોટાં ભૂંગળાંમાં प પિસ્ટન સરે છે તેના य ભાગમાં દાખલ થાય છે. એ ભાગમાં વરાળનું દબાણ વધે છે, એટલે પિસ્ટન ડાબી બાજુ તરફ આગળ વધે છે. ભૂંગળાના ह ભાગની અંદર રહેલી વરાળ अ માર્ગે V વાલ્વની નીચેથી क માર્ગમાં દાખલ થઇ બહાર ચાલી જાય છે. પિસ્ટન ह તરફ જઇ રહે છે તે દરમિયાન વાલ્વ જમણી તરફ ખસીને अ અને क માર્ગને બદલે क અને ब માર્ગને જોડે છે. આથી

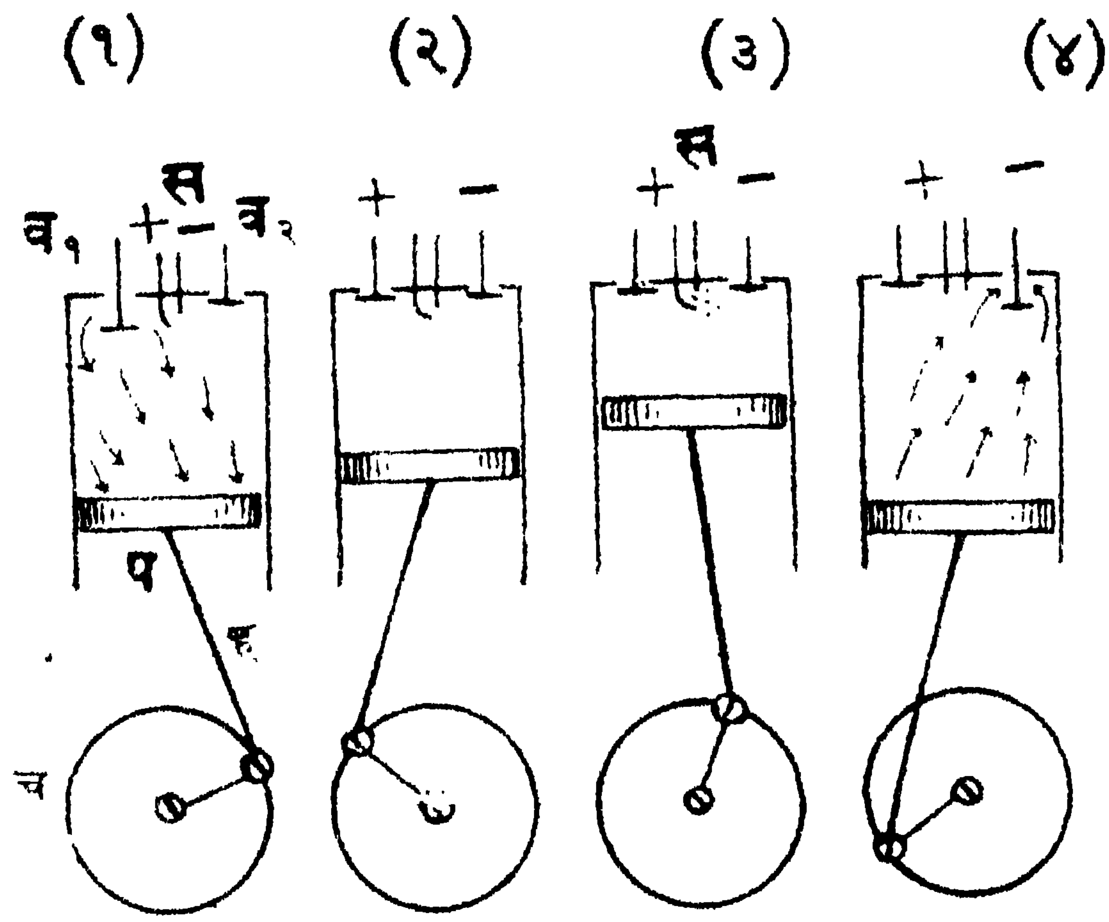
न માંથી આવતી વરાળ હવે अ માર્ગમાંથી સીધી ह માં દાખલ થાય છે અને પિસ્ટન ઉપર ડાબીથી જમણી બાજુ તરફ દબાણ કરે છે. આથી પિસ્ટન પાછો य તરફ જવા લાગે છે. य માંની વરાળ व માં થઇને क વાટે બહાર જાય છે. જેવો પિસ્ટન य તરફ આવે એટલે વાલ્વ ડાબી બાજુ ખસી अ क નું સંધાન કરે છે અને व માર્ગને ખૂલ્લો કરે છે. આવી રીતે પ્રથમ પિસ્ટનને આગળપાછળ ખસવાની ગતિ મળે છે. એ ગતિને હવે ગાડીનાં ચક્રો ફેરવવામાં વાપરવી જોઇએ, તેટલા માટે પિસ્ટનના હાથા र ને द આગળ જોડી ल હાથા સાથે જોડેલો છે. ल ને મૂખ્ય ધરી સાથે જોડેલો છે. હવે પિસ્ટન આગળપાછળ હઠે છે ને તે સાથે र અને ल નું અનુ-સંધાન (joint) द પણ આગળપાછળ સીધી લીટીમાં હઠે છે. ल ને એ જગ્યાએ ધરી ઉપર જોડેલો હોવાથી र આગળપાછળ જાય, ત્યારે ખાંચાવાળી ધરી સાથે જોડેલો ल છેડો વર્તુલમાં ફરશે અને ધરીને ચક્રગતિ આપશે. વાલ્વ V ને પણ એક સળિયો स જોડેલો છે અને તેની સાથે व આગળ જોડાણ કરી ट સળિયો જોડેલો છે. ट નો બીજો છેડો પૈંડાની ધરી સાથે જોડેલો છે. એટલે જ્યારે द ડાબી તરફ જાય છે, ત્યારે घ જમણી તરફ જાય છે. આવી રચનાને લીધે પિસ્ટન ડાબી બાજુએ જઇ રહે છે ત્યારે વાલ્વ જમણી બાજુ તરફ ખસી જાય છે. એ વાલ્વને ડી–વાલ્વ (D-valve) કહેવામાં આવે છે.

૭. અપકેન્દ્રી અને નિયામક, Eccentric and governor

સ્ટિમ એન્જીનના પિસ્ટનની રેખિક (linear)ગતિને પૈંડાં ફેરવવામાં ચક્રગતિ આપવી પડે છે એ માટે અપકેન્દ્રીય (eccentric) બળ વપરાય છે. એનું કાર્ય પ્રકરણ (૧૧)માં ફકરા (૧૩) માં સમજાવ્યું છે.

યંત્રની ગતિને અમુક મૂલ્યે નિયમિત રાખવા વત્તીઓછી વરાળ આવે છે, તે માટે વાલ્વને આપોઆપ વત્તોઓછો ઉઘાડવામાં નિયામક (governor) રાખવામાં આવે છે. એનું કાર્ય પણ પ્રકરણ (૯) ના ફકરા (૮) માં બતાવ્યું છે.

આકૃતિ ૧૬૬



૮. પેટ્રોલ યંત્ર
Petrol engine

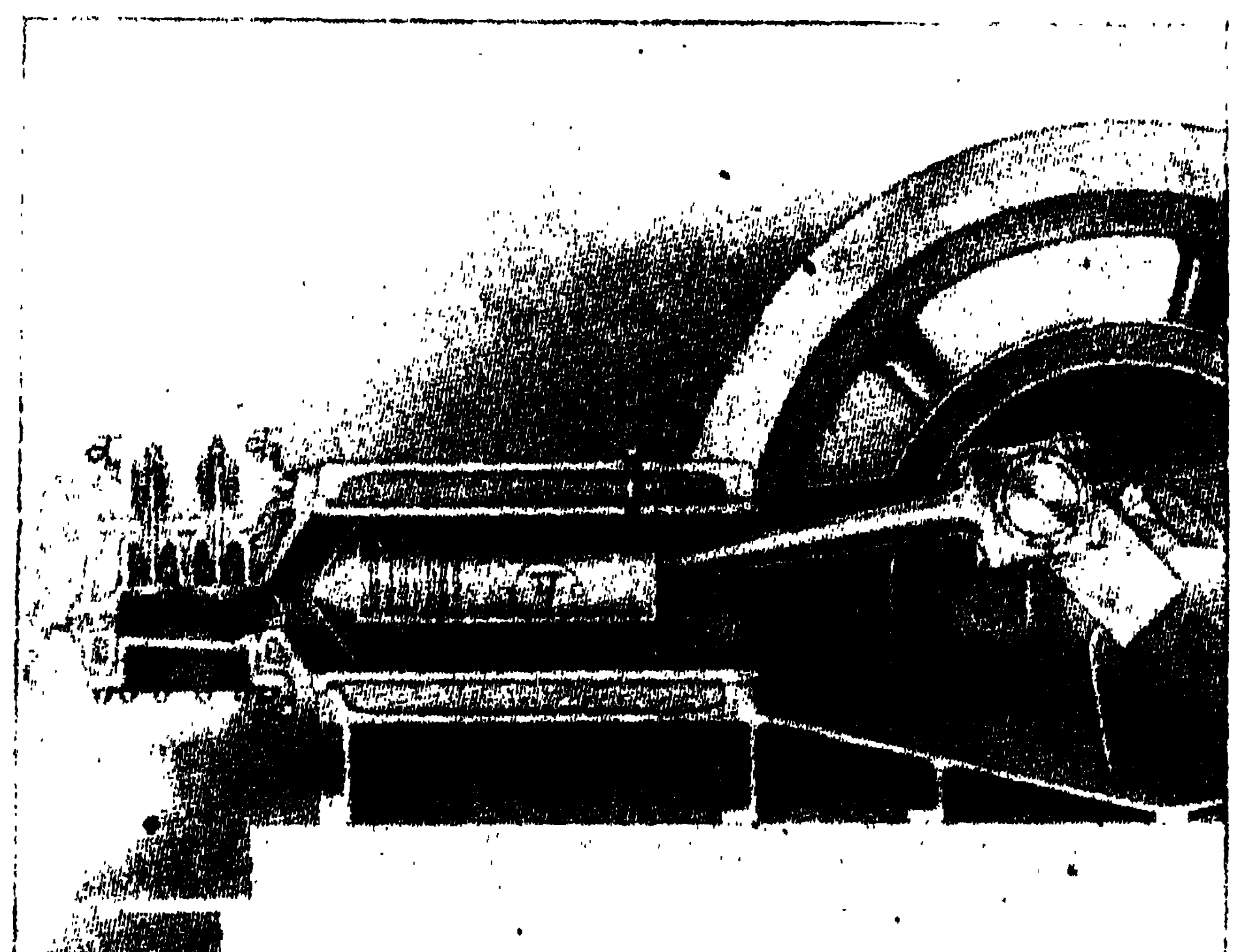
ઉપરની આકૃતિ (૧૬૬ '૧', '૨', '૩', '૪') વડે પેટ્રોલ યંત્રના મૂળતત્ત્વ સમજાવવામાં આવ્યાં છે. યંત્રની અંદર એક પિસ્ટન પ એક ચુસ્ત ભૂંગળાંમાં સરે તેમ રાખેલો છે. પિસ્ટનની ગતિ એક હાથા હ વડે ચક્ર ચ ગોળ ફેરવવામાં વપરાય છે. પિસ્ટનના ભૂંગળાનાં ઉપરના ભાગમાં બે વાલ્વ રાખેલા હોય છે. એક વાલ્વ વ₁ પેટ્રોલ અને હવાને અંદર લેવાના કામમાં આવે છે, જ્યારે વ₂ વપરાયેલા વાયુને બહાર કાઢી નાખવાના ઉપયોગમાં આવે છે. આકૃતિ (૧૬૬ '૧')માં પ્રથમ પિસ્ટનને સહેજ ગતિ આપી નીચે ખેંચવામાં આવે છે, તેથી વ₁ વાલ્વ ખૂલે છે અને ભૂંગળામાં પેટ્રોલ અને હવાનું મિશ્રણ દાખલ થાય છે.

જ્યારે પિસ્ટન પાછો વળી આકૃતિ (૧૬૬ '૨')ની પેઠે ઊંચે જાય છે. ત્યારે વાલ્વ વ₁ બંધ થાય છે અને અંદરના વાયુ અને હવાને સંકોચે છે. એ દરમિયાન એક બૅટરીમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ મોકલીને ભૂંગળામાં બે લગોલગના છેડા સ આગળ એક વિદ્યુત ચિનગારી' (spark) ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. આ ચીનગારી વડે અંદરના પેટ્રોલની વરાળ એકાએક સળગી જાય છે તેમાંથી એકાએક વિસ્તૃત થયેલો વાયુ પ્રચંડ બળ ઉત્પન્ન કરી તે પિસ્ટનને નીચે હડસેલે છે (આકૃતિ ૧૬૬ '૩'). જ્યારે પિસ્ટન પાછો ઊંચે ચઢે છે ત્યારે અત્યાર સુધી બંધ રહેલો વાલ્વ વ₂ ઊઘડે છે અને એ વપરાયેલા વાયુને બહાર જવાનો માર્ગ આપે છે (આકૃતિ ૧૬૬ '૪'). આ વાયુ બહાર ચાલી જાય અને પિસ્ટન વળી પાછો નીચે ઊતરવા લાગે એટલે વળી પાછી આકૃતિ (૧૬૬ '૧') ની પેઠે વાયુ અને હવાનું મિશ્રણ ભૂંગળીમાં દાખલ થવાથી ૧, ૨, ૩, અને ૪ માં બતાવેલાં ક્રમનું પાછું પુનરાવર્તન થાય છે અને ધરી ચક્રમાં ફરવા લાગે છે. આવી રીતે વિદ્યુતની ચિનગારીથી પિસ્ટનના ભૂંગળામાં દહનકાર્ય કરીને પેટ્રોલ યંત્રો ચલાવવામાં આવે છે. એને આંતરદહન યંત્ર (internal combustion engine) કહેવામાં આવે છે. વરાળયંત્રમાં દહનકાર્ય બહાર થાય છે અને એમાં પાણીને બહારથી આપેલી ગરમી વરાળ બનાવવામાં વપરાય છે. પેટ્રોલ યંત્રનો ફાયદો એ છે કે એમાંની ઘણીખરી ગરમી અંદર જ ઉત્પન્ન થતી હોવાથી બધી કાર્ય કરવામાં વપરાઈ શકે છે અને માત્ર ભૂંગળાંને ગરમ કરવામાં થોડીઘણી નકામી જાય છે. વરાળયંત્રમાં ઘણી ગરમી નકામી જાય છે, એટલે એ રીતે પેટ્રોલ યંત્રમાં વધુ પ્રમાણમાં ગરમીનો ઉપયોગ થાય છે. પેટ્રોલયંત્રને ઘણીવાર વાયુયંત્ર (gas engine) પણ કહેવામાં આવે છે.

૯. તેલયંત્રો
Oil engines

તેલના યંત્રો પણ પેટ્રોલયંત્રની પેઠે આંતરદહનથી (internal combustion) ચાલે છે. એની અંદર વિદ્યુતનો ઉપયોગ થતો નથી, પરંતુ ઘણા દબાણથી હવા સંકોચવામાં આવે છે એટલે તે ગરમ થઇ જવાથી તેલ આપોઆપ સળગી જઇને પિસ્ટન ઉપર દબાણ કરે છે. પહેલા ફટકા વખતે હવા ખૂબ સંકોચાઇને ગરમ થાય તે દરમિયાન

આકૃતિ ૧૬૭



લગભગ એટલા જ દબાણથી તેલની ઝીણી ધાર એક વાલ્વ વાટે દાખલ કરવામાં આવે છે. એ તેલ સળગી જઇને પિસ્ટનને પાછો હડસેલે છે અને અંદરનું દબાણ ઓછું થઇ જઇ એ સળગેલો વાયુ બીજા ફટકા વખતે બહાર નીકળી જાય છે. ત્રીજા ફટકા વખતે ફરીથી પાછી હવા દાખલ કરી તેને ખૂબ સંકોચવામાં આવે છે અને આમ યંત્ર ચાલુ થાય છે. આ

જાતના યંત્રને "ડીઝલ (diessel)" યંત્ર કહેવામાં આવે છે. કેટલાંક યંત્રો સેમિ-ડીઝલ (semi-diessel)" કહેવાય છે અને તેમાં હવાનું પ્રમાણમાં ઓછું સંકોચન કરવામાં આવે છે.

પ્રથમ પ પિસ્ટન જમણી તરફ જાય છે, ત્યારે વ₁ વાલ્વ-માંથી હવા દાખલ થાય છે અને જ્યારે પ પાછો ડાબી તરફ આવે છે ત્યારે હવા સંકોચાય છે. એ હવા બરાબર સંકુચિત થઇ રહે છે કે તુરત એક નળી વાટે તેલની બારીક ધાર અંદર છોડવામાં આવે છે. ગરમ હવાની સાથે સંયુકત થવાથી એનું જ્વલન થાય છે અને એ રીતે ઉત્પન્ન થયેલા વાયુ વડે પિસ્ટન ઉપર સખત દબાણ થાય છે, અને તે જમણી બાજુ જાય છે. પરંતુ નિષ્ક્રિયત્વને (inertia) લીધે પિસ્ટન પાછો ડાબી બાજુએ આવે છે અને ત્યારે વ₂ વાલ્વ ખૂલ્લો થાય છે અને દહન થયેલા વાયુને બહાર જવા દે છે. જમણા ફટકા વખતે વળી હવા દાખલ થાય છે અને ઉપરની ઘટનાનું પુનરાવર્તન થાય છે.

૧૦. ગતિચક્ર, Flywheel એ યંત્રને કામ કરતું શરૂ કરવા માટે પિસ્ટનનો હાથો જે ધરીને ફેરવે છે, તેની સાથે મોટું ભારે પૈડું જોડેલું હોય છે. પ્રથમ યંત્રનો પિસ્ટન એકાએક ચાલુ થતો નથી, એટલે એ મોટા પૈડાંને હાથ વડે થોડી ગતિ આપવામાં આવે છે. એથી પિસ્ટન પ સાધારણ ગતિથી ડાબાજમણો જવા માંડે છે. એ પૈડાંને એક વખત ચક્રાકાર ફેરવ્યું એટલે ન્યુટનના પહેલા કાયદાના નિષ્ક્રિયત્વના (inertia) સિદ્ધાન્ત પ્રમાણે તે લાંબા વખત સુધી ફરતું રહે છે. એ દરમિયાન હવા બરાબર સંકોચાઇ ગરમ થઇ જાય છે અને તેલનું દહન થઇ પિસ્ટન ઉપર દબાણ કરી યંત્રની ગતિ શરૂ કરે છે. એ મોટા પૈડાંને

ગતિચક્ર (flywheel) કહેવામાં આવે છે. ગતિચક્ર ગતિને નિયમિત કરવામાં પણ ઉપયોગી થાય છે, કારણ કે એકવાર અમુક ગતિ મેળવ્યા પછી તેને પિસ્ટન વડે સહેજસાજ બળ મળે એટલે તેની તે જ ગતિથી ચક્રાકાર ફરતું રહે છે. આમ ગતિને નિયંત્રિત કરવા માટે અને શરૂઆતમાં યંત્રના પિસ્ટનને ચાલુ કરવા માટે ગતિચક્રનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. વરાળ યંત્રોમાં પણ આવાં મોટાં ગતિચક્રો રાખવામાં આવે છે. સીવવાના સંચામાં પણ ગતિચક્ર હોય છે.

સાર

૧. વરાળ વડે કાર્ય થઇ શકે તેવું યંત્ર પ્રથમ પેપિને બનાવ્યું હતું. એ યંત્રમાં પાણી ઊકળે ત્યારે પિસ્ટન ઊંચે ચઢતો અને વરાળ ઠંડી થઇને પાણીરૂપ થાય એટલે પિસ્ટન નીચે આવતો. એનું કાર્ય બહુ ધીમું હતું. ન્યુકોમેનના યંત્રમાં વરાળ ઠંડી પાડવા માટે પિસ્ટનની નીચે થોડાં ઠંડા પાણીની ધાર છોડવામાં આવતી એટલે વરાળ ઝટ ઠંડી પડતી અને પિસ્ટનના નીચે આવતો. વેળાસર ઠંડુ પાણી અંદર દાખલ થાય તેવું કાર્ય પ્રથમ હાથ વડે કરવામાં આવતું, પરંતુ હમ્ફ્રી પોટર નામના નોકરે આપમેળે વાલ્વ ખલીને બંધ થવાથી આ કાર્ય થાય તેવી શોધ કરી.

૨. અત્યારે ઉપયોગમાં આવે તેવું યંત્ર વૅટે બનાવ્યું. એ યંત્ર વધુ ઝડપે કાર્ય કરે તેટલા માટે પાણીની વરાળને ઠંડી પાડવાને બદલે વાલ્વ મારફતે બહાર નીકળી જાય તેવી વ્યવસ્થા કરી હતી. એ યંત્રમાં સુધારો કરી મોટા વાહનને ચલાવવામાં ઉપયોગ કરનાર સ્ટિફનસન હતો. એણે પહેલવહેલું આગગાડીનું યંત્ર રચ્યું હતું. મહામહેનતે પાર્લામેન્ટની મંજૂરી મેળવી એણે ખૂબ ખંતથી આગગાડીનો વહેવાર ચાલુ કર્યો અને વરાળયંત્રનો એક બહુ મહત્વનો ઉપયોગ શરૂ કર્યો. એના વરાળયંત્રમાં વરાળ બહાર

જાય તે પહેલાં પિસ્ટનને દબાણ કરી એકથી બીજી બાજુ તરફ મોકલે છે અને તેટલામાં ડી-વાલ્વ વડે ઉલટી દિશામાં વરાળ દબાણ કરીને પિસ્ટન પાછો ખસેડે છે.

૩. પેટ્રોલ યંત્રમાં વિદ્યુત તણખા વડે પેટ્રોલના ગેસનું જ્વલન થાય છે અને તેના ધક્કાથી પિસ્ટન ઉપર દબાણ થાય છે અને યંત્ર ચાલે છે. આ યંત્રને આંતરદહન (internal combustion engine) કહેવામાં આવે છે. તેલના ડિઝલ યંત્રમાં ભારે પિસ્ટન વડે હવા સંકોચાવાથી જે ગરમી પેદા થાય છે તેના વડે તેલનું દહન થાય છે અને યંત્ર ચાલે છે. એ પણ આંતરદહન યંત્ર કહેવાય છે.

પ્રકરણ ૧૮

ઉષ્ણુતા અને કાર્ય

૧ કાઉન્ટ રમ્ફોર્ડ અમેરિકાના સ્વતંત્રતાના બળવા વખતે કાઉન્ટ રમ્ફોર્ડ લશ્કરી ખાતામાં નોકરી કરતો હતો ત્યાંથી તેને બીજાની અદેખાઇનો ભોગ બની ઇંગ્લૅંડમાં લશ્કરી ખાતામાં દાખલ થવું પડયું. બાવેરિયાના ડયુકની મહેરબાનીથી એ તેની ખાનગી નોકરીમાં રહી ગયો. ત્યાં કાઉન્ટે ગરીબ લોકોને માટે એક લશ્કરીશાળા કાઢી. લોકોની ગરિબાઇ એના લક્ષમાં આવવાથી પ્રથમ તેણે તેમની આર્થિક બચત કેમ થાય તેની શોધ કરવા માંડી. એનું ધ્યાન બળતણ અને ગરમી તરફ ગયું. ઠંડા પ્રદેશમાં બળતણની કિંમત ઘણીજ હોય છે. એ દિશામાં તેણે ઘણા પ્રયોગો કર્યા અને બંધ ચુલાની રચના કરી. એમાં ગરમ કરવાના વાસણના ઢાકણાં બેવડાં બનાવી વચ્ચે હવા રાખી. આથી ઉષ્ણુતા લાંબો વખત જળવાઇ રહે છે. નોકરી દરમિયાન તેને લશ્કરને માટે તોપ મોકલવી પડતી. એ તોપનું મોં બનાવવા જ્યારે કાણાં પાડવામાં આવતાં ત્યારે તોપ ખૂબ ગરમ થઇ જતી એ તેના લક્ષમાં આવ્યું. આ ઉપરથી તેને લાગ્યું કે અમુક કાર્ય કરતાં જે ઘર્ષણ થાય તેમાંથી ઉષ્ણુતા ઉત્પન્ન થાય છે. એ વસ્તુને સંતોષકારક રીતે લોકોને બતાવવા એક તોપને કોરતી વખતે નીકળતી ઉષ્ણુતાને પાણી ગરમ કરવામાં વાપરી અને અઢી કલાકમાં પાણીને ઊકળતું બનાવ્યું. અગ્નિ વિના પાણી ઊકળી શકે તેવો પ્રયોગ નિહાળી ઘણાને આશ્ચર્ય ઉત્પન્ન થયું. રમ્ફોર્ડે સમજાવ્યું કે તોપની અંદર કાણું પાડવામાં શક્તિનો ઉપયોગ કરવામાં આવ્યો હતો અને તેમાંની

કેટલીક શક્તિ ઘર્ષણદ્વારા ઉષ્ણુતા ઉત્પન્ન કરતી હતી. આ પ્રમાણે શક્તિનું કાર્યમાં અને કાર્યનું ઉષ્ણુતામાં રૂપાન્તર થાય છે. એ સત્ય પ્રથમ સમજાવવાનું કાર્ય રમ્ફોર્ડે કર્યું હતું. આ પછી અમુક કાર્ય કરવામાં આવે તો કેટલી ઉષ્ણુતા ઉત્પન્ન થઇ શકે એ વસ્તુ નક્કી કરવા માટે જૂલ નામના વૈજ્ઞાનિકે ઘણા પ્રયોગ કર્યા.

૨. જૂલ જૂલ ઇંગ્લંડના માન્ચેસ્ટરમાં ૧૮૧૮ માં જન્મ્યો હતો અને જોન ડાલ્ટન નામના પ્રખ્યાત રસાયણશાસ્ત્રીના હાથ નીચે રસાયણશાસ્ત્ર શીખ્યો હતો. એને વિજ્ઞાનનો એટલો બધો શોખ લાગ્યો હતો કે એના બાપે એને માટે એક સ્વતંત્ર પ્રયોગશાળા કાઢી આપી. એણે કાર્ય અને ઉષ્ણુતાના સંબંધ વિષે નિયમો ઘડ્યા. એણે શક્તિસંરક્ષણના સિદ્ધાંતનું પ્રતિપાદન કર્યું અને પૂરવાર કર્યું કે વિશ્વની અંદર શક્તિનો જથ્થો જેટલો ને તેટલો જ રહે છે. નવી શક્તિ ઉત્પાદન થતી નથી અને હોય એટલી નાશ પામતી નથી; માત્ર શક્તિનું રૂપાન્તર થાય છે. આ ઉપરાંત વિદ્યુત અને ઉષ્ણુતાનો સંબંધ, વાયુના ઉષ્ણુતા વિષયના ગુણધર્મો વગેરે અનેક દિશામાં તેણે નવીન શોધો કરી હતી.

૩. કાર્ય અને ઉષ્ણુતા બે બરફના ટુકડા લઇ જોરથી ઘસીએ તો બરફમાં ગરમી ઉત્પન્ન થાય છે અને તેથી તે ઝટ પીગળી જાય છે. બે હથેળી જોરથી ઘસીએ તો પણ ઉષ્ણુતા ઉત્પન્ન થાય છે. દીવાસળીની શોધ થઇ તે પહેલાં લાકડાના ઘર્ષણથી ગરમી ઉત્પન્ન કરી અગ્નિ ઉત્પન્ન કરવામાં આવતો હતો. કરવત

વડે લાકડાં વહેરવામાં આવે છે, ત્યારે કરવત પણ ગરમ થાય છે. જો એક શારડી (ડ્રીલ) વડે લાકડામાં કાણું પાડવામાં આવે, તો તેની અણી દઝાય એટલી સખત ગરમ થઇ જાય છે. એ સર્વ દૃષ્ટાંતો બતાવે છે કે કાર્ય થાય છે, ત્યારે થોડું કાર્ય (work) વસ્તુને ગરમ કરવામાં વપરાય છે; અથવા થોડાં કાર્યનું ઉષ્ણતામાં રૂપાન્તર થાય છે. બાયસિકલના પંપમાં જોરથી હુવાને સંકોચવામાં આવે તો પંપ ગરમ થાય છે; કારણ કે હુવા ઉપર દબાણ કરી હુડસેલવાથી આપણે કાર્ય કરીએ છીએ; એટલે એ કાર્ય વડે ઉષ્ણતા ઉત્પન્ન છે. આથી ઊલટું વરાળયંત્રમાં આપણે પાણીને ઉષ્ણતા આપીને કાર્ય ઉત્પન્ન કરીએ છીએ. આથી એટલું ચોક્કસ સમજાય છે કે કાર્ય (work) અને ઉષ્ણતાનું અરસપરસ રૂપાન્તર થઇ શકે છે.

૪. ઉષ્ણતા અને કાર્યશાક્ત, Heat and Energy આપણે ઉષ્ણતા વડે કાર્ય કરી શકીએ છીએ, એટલે જેમાં ઉષ્ણતા છે તેમાં કાર્ય કરવાની શકિત હોય છે. આ ઉપરથી આપણે એમ કહી શકીએ કે ઉષ્ણતા પણ કાર્યશકિત (energy) છે, કારણ કે જેમાંથી કાર્ય (work) ઉત્પન્ન થઇ શકે તેમાં કાર્યશકિત (energy) છે. આગળ આપણે બે જાતની કાર્યશકિતનું વર્ણન કર્યું છે: એક સંભાવ્યશક્તિ (potential energy) અને બીજી ગમનશક્તિ (kinetic energy). એજ પ્રમાણે ઉષ્ણતા પણ એક જાતની કાર્યશકિત છે અને જેવી રીતે સંભાવ્યશકિત અને ગમનશકિતનું કાર્યમાં રૂપાન્તર કરી શકાય છે, તેવી રીતે ઉષ્ણતામાંથી પણ કાર્ય ઉત્પન્ન કરી શકાય છે.

૫. ઉષ્ણુતાની કાર્ય-શકિત (energy of heat) અને જૂલનો નિયમ

કોઇ સાધન વડે અમુક કૅલૉરી ઉષ્ણુતા ઉત્પન્ન કરી શકાય એમ હોય તો એ વડે કેટલું કાર્ય કરી શકાય તે જાણુવા માટે ઉત્પન્ન થયેલું કાર્ય અને વપરાયેલી ઉષ્ણુતા વચ્ચેનો સંબંધ જાણુવો પડે છે. એ બાબતમાં જૂલે ઘણુા પ્રયોગ કરી સાબિત કર્યું કે એક કૅલૉરી ઉષ્ણુતા ઉત્પન્ન કરવી હોય તો ૪·૨ જૂલ (૪·૨×૧૦^{૭} અર્ગ) કાર્ય કરવું પડે છે. એ નિયમને જૂલનો નિયમ કહેવામાં આવે છે અને તે નીચે પ્રમાણે છે.

का = ज × उ का = કાર્ય અર્ગમાં
ज = જૂલનો આંકડો
= ૪·૨×૧૦^{૭} અર્ગ
उ = ઉષ્ણુતા કૅલૉરીમાં

કાર્ય = ज × ઉષ્ણુતા.

સાદી રીતે કહીએ તો ઉત્પાદન કરેલું કાર્ય અને તેમાંથી મળેલી ઉષ્ણુતાનું પ્રમાણુ એકસરખું જ રહે છે. અને કાર્ય અને ઉષ્ણુતાના ગુણોત્તર (ratio) ને જૂલનો આંકડો (અથવા ઉષ્ણુતાનો કાર્યસમદર્શક, mechanical equivalent of heat) કહેવામાં આવે છે. આ ઉપરથી અમુક યંત્રને જેટલી ગરમી આપી તેમાંથી કેટલી ગરમીનું કાર્યમાં રૂપાંતર થયું અને કેટલી ગરમી નકામી ગઇ તે ઘણી જ ચોકસાઇથી જાણી શકાય છે.

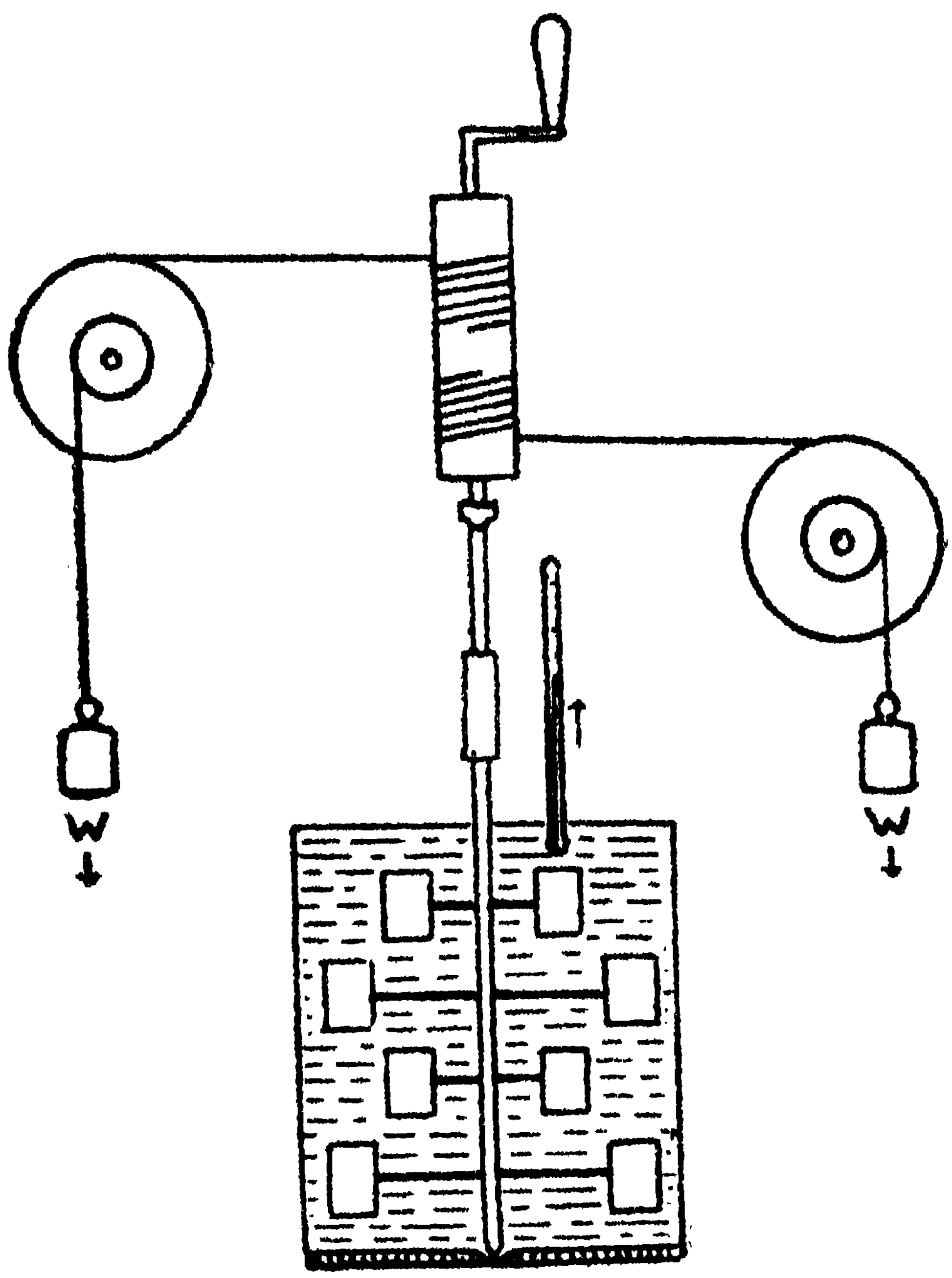
૬. જૂલના પ્રયોગો

ઉપરનો સિદ્ધાંત ખરો છે કે કેમ એ જાણુવા માટે એક સાદો દાખલો ઉપયોગી થઇ પડશે. બે મિટર લાંબી કાચની નળીમાં સીસાંની

બારીક ગોળી નાંખો અને એ નળીને બન્ને બાજુથી બૂચ મારી બંધ કરો. હવે એ નળીને ઊભી રાખી વારાફરતી ઊલટસુલટ કરશો તો સીસાંની ગોળી એક છેડેથી બીજે છેડે જશે. આમ સીસાંની ગોળી ઊંચેથી નીચે પડતાં એની સંભાવ્યશક્તિનું (potential energy) ઉષ્ણુતામાં રૂપાન્તર થાય છે અને ૪૦ થી ૫૦ વાર નળીને ઊલટસુલટ કરશો તો સીસાંની ગોળી ગરમ થયેલી માલૂમ પડશે. સીસાંની ગોળીનું વજન, ઉષ્ણુમાનમાં થયેલો વધારો અને વિશિષ્ટ ઉષ્ણુતા માલૂમ હોય તો કેટલી ઉષ્ણુતા ઉત્પન્ન થઇ તે જાણી શકાશે; અને એક છેડેથી બીજે છેડે પડતી સીસાંની ગોળી વડે કેટલું કાર્ય થાય છે તે પણ જાણી શકાશે. આમ કાર્ય અને ઉષ્ણુતા વચ્ચેના વાસ્તવિક સંબંધ નક્કી કરવામાં આવે છે.

આકૃતિ (૧૬૮) માં બતાવેલા સાધનથી પણ જૂલનો નિયમ સાબિત થઇ શકે છે. એક પાણીના વાસણમાં ગોળ ફરે તેવું રવાઇ જેવું સાધન રાખવામાં આવ્યું છે. વચ્ચેની ધરી સાથે હાથા વડે તકતીઓ જડેલી છે. એ વચ્ચેની ધરીના ઉપલા મથાળે એક હલકું નળાકાર જડેલું છે. એ નળાકાર ઉપર એ દોરીને વિંટેલી છે. એ દોરીને બે સામસામી ગરગડી ઉપર થઇને પસાર કરીને દરેકને વજન (w) લટકાવેલું છે. આ બન્ને વજનને અમુક અંતર નીચે પડવા દેવાથી નળાકાર તેમજ તેની સાથે રવાઇ ફરે છે. આથી પાણીમાં ઘર્ષણ થાય છે અને તેથી તેમાં ગરમી ઉત્પન્ન થાય છે. નળાકાર ઉપર દર્શાવેલા હાથાને ગોળ ફેરવી એ વજનને પાછા ઊંચે લાવવામાં આવે છે. આ વખતે રવાઇ ફરે નહિ; તેવી રચના કરવામાં આવેલી હોય છે. એ વજનને પાછાં નીચે

આકૃતિ ૧૬૮



પડવા દેવામાં આવે છે. આમ ઘણી વાર વજનને નીચે પડવા દેવામાં આવે છે એટલે પાણીનું ટેમ્પરેચર ઘણું વધે છે. એ ટેમ્પરેચર કેટલું વધ્યું છે એની થર્મોમિટર વડે નેાંધ કરવાથી કેટલી ઉષ્ણુતા પેદા થઇ છે તે માપી શકાય છે. વજન કુલ કેટલું અંતર ઉતર્યાં તે જાણુવાથી તેના વડે થયેલું કાર્ય પણુ શેાધી શકાય છે. થયેલું કાર્ય અને પેદા થએલી ઉષ્ણુતાનેા ગુણેાત્તર શેાધવાથી ઉષ્ણુતાના કાર્ય સમદર્શકનું મૂલ્ય નીકળે છે. યંત્રમાં ઘર્ષણુથી મેાટું કાર્ય નકામું જાય છે તેને માટે યેાગ્ય સુધારેા કરવેા પડે છે.

૭. શકિતનું રૂપાંતર અને શકિતસંરક્ષણુનેા નિયમ
Transformation of energy and conservation of energ

એક મેાટા પથ્થરને ઊંચેથી પડવા દઇએ તેા તેની શકિતનું કાર્યમાં રૂપાન્તર કરી શકીએ છીએ. ધારેા કે એક મેાટા ચક્રના એક દાંતા ઉપર એક વજન પડયું તેા તે ચક્ર ફરવા લાગશે. એ ફરતાં ચક્ર વડે જો એકાદ લાકડાં કેારવાનું ડ્રીલ ચલાવવામાં આવે તેા

તે ડ્રીલ ગરમ થશે. આમ પથ્થરની સંભાવ્યશક્તિને ગમનશક્તિ માં ફેરવી શકાય છે અને તેનું કાર્યમાં અને કાર્યનું ઉષ્ણતામાં રૂપાન્તર થઇ શકે છે. ઉષ્ણતાને વળી આપણે એકાદ યંત્રદ્વારા કાર્ય કરવામાં પણ વાપરી શકીએ અને આમ જુદી જુદી જાતની શક્તિનું અરસપરસ રૂપાન્તર કરી શકાય છે. વિદ્યુતમાંથી પણ ગરમી ઉત્પન્ન થાય છે; પ્રકાશના કિરણોમાંથી પણ ગરમી ઉત્પન્ન થઇ શકે છે," અને ગરમીનું વળી પાછું કાર્યમાં રૂપાન્તર કરી શકીએ છીએ, એટલે એમ લાગે છે કે ગરમી, વિદ્યુત, પ્રકાશ વગેરે કાર્યશક્તિના (energy) જુદાં જુદાં સ્વરૂપો છે. એક જાતની કાર્યશક્તિ (energy) નું બીજી જાતની કાર્યશક્તિમાં રૂપાન્તર કરી શકાય છે. આ ઉપરથી અને ચોક્કસ પ્રયોગ વડે જૂલે સાબિત કર્યું કે:

(૧) જ્યારે કાર્યશક્તિ (energy)નું રૂપાન્તર થાય ત્યારે કાર્યશક્તિને એક અથવા અનેકરૂપમાં ફેરવી શકાય છે, પરંતુ કુલ વપરાયલી કાર્યશક્તિ અને કુલ રૂપાન્તર થયેલી કાર્યશક્તિનો જથ્થો હંમેશાં સરખોજ રહે છે; અને (૨) વિશ્વની અંદર કુલ કાર્યશક્તિનો જથ્થો જેટલો છે તેથી વધી શકતો નથી તેમ ઘટતો પણ નથી.

આમ કાર્યશક્તિનું ઉષ્ણતાશક્તિ, સંભાવ્યશક્તિ, ગમનશક્તિ, વિદ્યુતશક્તિ, પ્રકાશશક્તિ, ધ્વનિશક્તિ, ચુંબકશક્તિ, રસાયણશક્તિ વગેરે વગેરે અનેક જાતની શક્તિઓમાં રૂપાન્તર થઇ શકે છે. કુલ કાર્યશક્તિ તો જેટલીને તેટલી જ રહે છે. નવી કાર્યશક્તિ ઉત્પન્ન કરી શકાતી નથી, અને છે એટલી કાર્યશક્તિનો વિનાશ થતો નથી. આ સિદ્ધાંતને શક્તિસંરક્ષણનો સિદ્ધાંત (principle of conservation of energy) કહેવામાં આવે છે.

૮. હાઇડ્રોઇલેક્ટ્રિક યંત્રોમાં કાર્યશક્તિનું થતું રૂપાન્તર
Transformation of energy in Hydro-electric works

ખંડાલા ઘાટ ઉપર મોટાં તળાવ બાંધી તેમાંના પાણીના બળમાંથી વિદ્યુત ઉત્પન્ન કરી મુંબઇ જેવા મોટા શહેરમાં મોકલી એ વિદ્યુત વડે અનેક યંત્રો, અનેક દીવા, અનેક ગાડી, ટ્રામગાડી, પંખા વગેરે ચલાવવામાં આવે છે. આમ પાણીની કાર્યશક્તિ (energy) નું અનેક રૂપમાં રૂપાન્તર થાય છે. પ્રથમ સૂર્યની પ્રકાશરૂપે આવતી શક્તિનું પાણીને ગરમ કરી વરાળ બનાવી ઊંચેનાં વાદળાં બનાવવામાં રૂપાન્તર થાય છે. આ રીતે વરાળનાં અણુ ઊંચે ચઢે એટલે ઉષ્ણુતાશકિતનું વાદળના બિંદુની સંભાવ્યશકિતમાં (potential enrgy)માં રૂપાન્તર થાય છે. એ અણુ વરસાદરૂપે ઊંચા પહાડ ઉપર આવી ભેગાં થાય એટલે થોડી સંભાવ્યશકિત ઓછી થાય છે. હવે એ પાણીને મોટા નળ વાટે પર્વતની નીચે ઉતારી એના દબાણુથી મોટાં ટર્બાઇન (turbine જલયંત્ર) ચક્રને ગોળ ફેરવી શકાય છે. એટલે પાણીની સંભાવ્યશક્તિનું ટર્બાઇનના ચક્રની ગમનશક્તિ (kinetic energy)માં રૂપાન્તર થાય છે. એ ગમનશક્તિનું ફરીથી ડાઇનેમો (dynamo) યંત્ર વડે વિદ્યુતશક્તિમાં રૂપાન્તર થાય છે. એ વિદ્યુતશક્તિને ૬૦ થી ૭૦ માઇલ દૂર તારનાં દોરડાંમાંથી મુંબઇ શહેરમાં પહોંચાડવામાં આવે છે. અહિં એ શકિતનું દીવા સળગાવી પ્રકાશમાં અને ઉષ્ણુતામાં રૂપાન્તર થાય છે; મોટી ગાડી, ટ્રામ અને મોટર ચલાવી ગમનશકિત અને કાર્યમાં રૂપાન્તર થાય છે; મોટી લિફ્ટ ચલાવી સંભાવ્યશકિતમાં રૂપાન્તર કરી શકાય છે; અને પાણીને ગરમ કરી વળી પાછું વરાળમાં રૂપાન્તર કરી જે શક્તિ વડે વિદ્યુત ઉત્પન્ન થઇ તે

શક્તિમાં રૂપાન્તર કરી શકાય છે. આ રીતે સૂર્યના પ્રકાશમાંથી મળતી ઉષ્ણુતાનું અનેક રીતે રૂપાન્તર કરી શકાય છે. ખંડાલાના ઘાટના પાણીની કુલ સંભાવ્યશક્તિ માપી હોય અને મુંબઇમાં વિવિધ સ્વરૂપે વપરાયેલી શક્તિનો કુલ સરવાળો કરી જોઇએ તો માલૂમ પડશે કે પાણીની સંભાવ્યશક્તિ અને મુંબઇની અંદર વપરાયેલી કુલ શક્તિ સરખી થશે.

સાર

૧. કાર્ય કરતાં હમેશાં થોડી ઉષ્ણુતા ઉત્પન્ન થાય છે. યોગ્ય સાધન હોય તો બધાં કાર્યનું ઉષ્ણુતામાં રૂપાન્તર થઇ શકે છે. એથી ઊલટું ઉષ્ણુતા વડે કાર્ય પણ થઇ શકે છે. આમ કાર્ય અને ઉષ્ણુતાને અરસપરસ રૂપાન્તર કરી શકાય છે. કાઉન્ટ રમ્ફોર્ડે આ બાબત પ્રથમ ધ્યાનમાં લીધી હતી; અને એ ફેરફારને લક્ષમાં લાવે તેવા પ્રયોગો કર્યા હતા.

૨. કાર્ય અને ઉષ્ણુતાના અરસપરસ ફેરફારના નિયમો જૂલે શોધ્યા હતા. એણે પ્રયોગ વડે સાબિત કર્યું કે કાર્ય વડે પેદા થયેલી ઉષ્ણુતા તેની પ્રમાણુસર રહે છે. કાર્ય અને તે વડે પેદા થયેલી ઉષ્ણુતાનો ગુણોત્તર એકમૂલ્ય રહે છે અને તેને કાર્યનો ઉષ્ણુતા સમદર્શક (mechanical equivalent of heat) કહેવામાં આવે છે. તેને જાલનો આંકડો પણ કહેવામાં આવે છે અને તેનું મૂલ્ય ૪·૨ × ૧૦^{૭} અર્ગ છે. ૧ કૅલોરી ઉષ્ણુતા પેદા કરવા ૪·૨ × ૧૦^{૭} અર્ગ કાર્ય કરવું પડે છે.

૩. શક્તિમાં રૂપાન્તરો થતાં તેના મૂલ્યમાં કેટલા ફેરફારો થાય તે લક્ષમાં લઇને જૂલે શક્તિ સંરક્ષણ (conservation of energy) નો નિયમ ઘડયો છે. એ નિયમ પ્રમાણે (૧) વિશ્વમાં શક્તિનો જે જથ્થો છે તેમાં વધઘટ થતી નથી અને

(૨) શકિત એકથી બીજા સ્વરૂપમાં રૂપાન્તર થાય તોપણ તેના મૂલ્યમાં ફેર પડતો નથી.

૪. સંભાવ્યશકિતનું ગમનશકિતમાં, ગમનશક્તિનું વિદ્યુતશકિતમાં, વિદ્યુતશકિતનું ઉષ્ણુતામાં અથવા ગમનશકિતમાં, અને ઉષ્ણુતાનું પાછું ગમન અને સંભાવ્યશકિતમાં રૂપાન્તર કરી શકાય છે. હાઇડ્રોઇલેકટ્રિક વર્ક્સમાં આ દરેક ફેરફારોની ખાતરી થાય છે. ઉષ્ણુતાશક્તિને લીધે પાણીની વરાળ થઇ પાણીના વાદળો બંધાય છે. એ સંભાવ્યશકિતનું વરસાદ પડે ત્યારે ગમનશકિતમાં રૂપાન્તર થાય છે. ઊંચા પહાડ ઉપર એ પાણી સંગ્રહી લેવામાં આવે છે, એટલે થોડી સંભાવ્યશકિત રહે છે. નળદ્વારા નીચે ઉતારવામાં આવે એટલે ગમનશકિતમાં રૂપાન્તર કરી તેના વડે યંત્રની ગમનશકિત પેદા કરવામાં આવે છે. એમાંથી વિદ્યુતશકિત ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે, અને વિદ્યુતશકિતમાંથી અવસ્થા-શકિત, ગમનશકિત, ઉષ્ણુતાશકિત, ચુંબકશકિત વગેરે પેદા કરવામાં આવે છે. આમ શકિતના અનેક રૂપાન્તરો થાય છે, પરંતુ શકિતનો કુલ જથ્થો જેટલો ને તેટલોજ રહે છે.

પ્રકરણ ૧૯

પ્રકાશ Light

૧. પ્રકાશ અને તેની ઉત્પત્તિ ઘણે ભાગે વસ્તુને બાળીએ અથવા ગરમ કરીએ ત્યારે પ્રકાશની ઉત્પત્તિ થાય છે. આપણને ઘણોખરો પ્રકાશ સૂર્યમાંથી મળે છે, પરંતુ વિજ્ઞાનના વિકાસની સાથે પ્રકાશ ઉત્પન્ન કરવાના અનેક સાધનો શોધાયાં છે. લાકડાં સળગે તે વડે, ઘી તેલના દીવા વડે, મીણબત્તીના દીવા વડે, કેરોસિનના દીવા વડે, પેટ્રોલ અને ગૅસના દીવા વડે અને વિદ્યુતના દીવા વડે પ્રકાશ મળી શકે છે. પ્રકાશ શી વસ્તુ છે તે પ્રથમ દૃષ્ટિએ માલૂમ પડતું નથી. આપણે ધોળે દિવસે બહાર નીકળીએ ત્યારે આપણે કહીએ છીએ કે આપણે પ્રકાશને જોઇએ છીએ; પરંતુ પ્રકાશ દેખાતો નથી અને માત્ર પ્રકાશિત વસ્તુ જોવામાં આવે છે. એક અંધારા ઓરડામાં જો પ્રકાશના કિરણો દાખલ કરવામાં આવે તો પ્રકાશ દેખાતો નથી; પરંતુ જ્યાં એ કિરણો પડે છે તે જગ્યા દેખાય છે. જો ઓરડામાં ધૂળ અથવા ધૂમાડાનાં રજકણો હોય તો તે પ્રકાશિત થઇને કિરણનો માર્ગ દેખાડે છે. એટલે ખરૂં જોતાં આપણે માત્ર પ્રકાશિત વસ્તુ હોય તેનેજ જોઇ શકીએ છીએ. ત્યારે પ્રકાશ શું છે ? એવું માનવામાં આવે છે કે પ્રકાશ અવકાશમાં તરંગ રૂપે (waves) પ્રવર્તે છે. જેમ પાણીમાં પથ્થર નાંખતાં તરંગ ઉત્પન્ન થાય છે, તેમ જ્યારે કોઈ દ્રવ્ય ગરમ થાય છે, ત્યારે પ્રકાશના તરંગો અવકાશમાં ઉત્પન્ન થાય છે અને એક સેકન્ડનાં ૧,૮૬,૦૦૦ માઈલની ઝડપે ગતિ કરે છે. આટલી ગતિને લીધે સૂર્યમાંથી નીકળતો પ્રકાશ પૃથ્વી ઉપર લગભગ આઠ મિનીટમાં આવી પહોંચે છે.

સૂર્યથી પૃથ્વીનું અંતર ૯,૩૦,૦૦૦; માઇલ છે. સૂર્યની સપાટી અને ભિતર અતિશય ઉષ્ણ હોવાથી તેમાંથી પ્રકાશ ઉત્પન્ન થઇ ચારે તરફ પ્રસરે છે.

પ્રકાશના કિરણો એક સીધી લીટીમાં પ્રસરે છે. અંધારા ધૂમાડાવાળા ઓરડામાં સૂર્યનાં કિરણો દાખલ થાય તો એ બાબતની ખાતરી થાય છે. નીચેના પ્રયોગથી આ બાબત પૂરવાર થશે.

પ્રયોગઃ–એક બળતી મીણબત્તી લઇને આપણી આંખની વચ્ચે ત્રણ કપાટિયાં મૂકી ત્રણેમાં અકેકેક કાણું પાડો. જ્યારે ત્રણે કાણાં મીણબત્તીની જ્યોત અને આંખની સીધી લીંટીમાં આવશે, ત્યારેજ મીણબત્તીનો પ્રકાશ તેમાંથી પસાર થશે. જો એકાદ કપાટિયું પણ બાજુએ હઠે તો પ્રકાશના કિરણ બંધ થશે.

૨. પડછાયા

પ્રકાશના કિરણો દરેક વસ્તુમાંથી પસાર થતાં નથી. કાચ, પાણી, હવા, ઘણાખરા વાયુ, સ્ફટિક વગેરે વસ્તુમાં થઇને પ્રકાશ પ્રસાર થાય છે; તેલ અને પાતળા કાગળ જેવી વસ્તુમાંથી થોડે અંશે પસાર થાય છે; લાકડું, ધાતુ અને એવી ઘણીખરી ઘન વસ્તુમાંથી પ્રકાશના કિરણો પસાર થઇ શકાતાં નથી. આમ બધા પદાર્થોના ત્રણ વિભાગ પાડી શકાય છે; જેમાંથી પ્રકાશ પસાર થાય તેને પારદર્શક (transparent) વસ્તુ કહેવાય છે; જેમાંથી સાધારણ પ્રકાશ પસાર થાય તેને અર્ધપારદર્શક (translucent) અને જેમાંથી બિલકુલ પસાર થતો નથી, તેને અપારદર્શક (opaque) વસ્તુ કહેવામાં આવે છે.

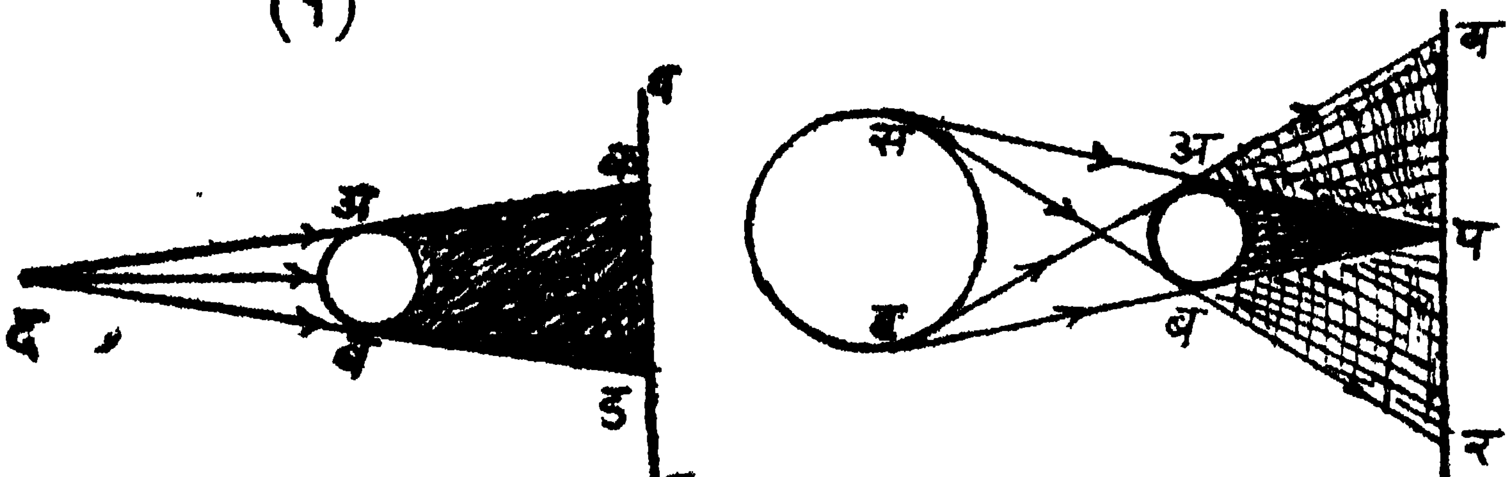
આથી, પ્રકાશના માર્ગમાં અપારદર્શક વસ્તુ મૂકીએ તો તેનો પડછાયો પડે છે. પડછાયો એટલે એક પ્રકાશના કિરણના માર્ગમાં એક વસ્તુના આવવાથી જેટલાં કિરણો અટકી જાય છે તેવો કિરણો વગરનો પ્રકાશ રહિત ભાગ.

આકૃતિ (૧૬૯ '૧') માં द એક ઝીણો દીવો છે અને अब અપારદર્શક વસ્તુ છે. द अ અને द ब વચ્ચેનાં સઘળાં કિરણો अब પદાર્થ વડે અટકી જાય છે. એટલે यर આગળ પડદો હોય તો अ क ड ब ભાગ પ્રકાશના કિરણરહિત થાય છે. क ड ભાગ-માંનો કાળો ભાગ अ ब નો પડછાયો બતાવે છે. यर ને अ ब ની નજીક લાવીએ તો પડછાયો कड નાના કદનો થાય છે અને જેમ જેમ દૂર લઇ જઇએ તેમ મોટા કદનો થાય છે.

હવે આકૃતિ (૧૬૯, '૨') માં બતાવ્યા મુજબ પ્રકાશના સાધન તરીકે એક મોટા ફાનસનો દૂધિયા કાચનો પ્રકાશવાળો ગોળો લઇને તેના પ્રકાશને તેનાથી નાના કદની અપારદર્શક વસ્તુ अब ઉપર પડવા દઇએ તો પડછાયાના પ્રકારમાં ફેર પડશે. એનું ખાસ કારણ એ છે કે પ્રકાશવાળી વસ્તુનું કદ જે વસ્તુનો પડછાયો પડે તેના કરતાં મોટું છે. પ્રકાશવાળા ગોળાના स અને ह એમ બે બિંદુ લઈએ અને તેમાંથી નીકળતાં પ્રકાશના કિરણો નાના ગોળાવડે કેમ અટકે છે તે જોઇએ તો પડછાયો કેમ અને કેવો પડે છે તે ધ્યાનમાં આવે છે. स માંથી નીકળતાં

આકૃતિ ૧૬૯

(૧) (૨)



કિરણોથી अ प र व પડછાયો પડે છે. એજ રીતે ह ને લીધે अ य प ब પડછાયો પડે છે. હવે એ બન્ને પડછાયામાં अ प ब થી બતાવેલા વધુ કાળા ભાગ સિવાયના ઉપલા ભાગના પડછાયામાં स માંથી

નીકળતાં કિરણો પડે છે અને નીચેના ભાગના પડછાયામાં હ માંથી નીકળતાં કિરણો પડે છે. પરંતુ અ બ પ જેટલા ભાગમાં બિલકુલ કિરણો જતાં નથી. આ કારણથી અ પ બ જેટલો ભાગ વધુ કાળો હોય છે અને બાકીનો ભાગ સહેજ કાળો અથવા ઝાંખો કાળો હોય છે. વચ્ચેના બિલકુલ કાળા ભાગને ખગ્રાસ (umbra) ભાગ કહેવામાં આવે છે અને બાકીના ભાગને જ અર્ધખગ્રાસ (penumbra) ભાગ કહેવામાં આવે છે. ઉપર બતાવ્યા મુજબના સૂર્ય વડે થયેલા પૃથ્વીના ખગ્રાસ અને અર્ધખગ્રાસ પડછાયામાં ચંદ્ર આવે ત્યારે ચંદ્રગ્રહણ થાય છે. આકૃતિ (૧૬૯ '૨') માં સ હ જગ્યાએ સૂર્ય હોય અને અબ જગ્યાએ પૃથ્વી હોય અને પૃથ્વીના અર્ધખગ્રાસ પડછાયામાં ચંદ્ર આવે તો સાધારણ ઝાંખો થઇ જાય છે, અને ખગ્રાસ ભાગમાં આવે તો દેખાતો બંધ થાય છે.

૩. પ્રકાશનું પરાવર્તન અને પરાવર્તનના નિયમો
Reflection and laws of reflection

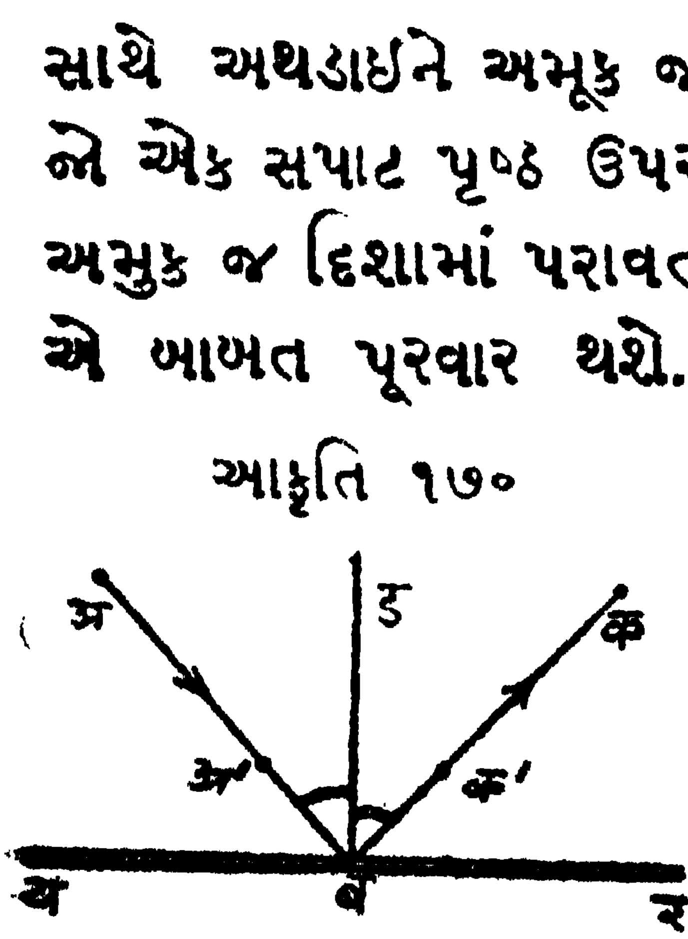
જે વસ્તુ જાતે પ્રકાશ પેદા કરતી હોય તે આંખ વડે જોઇ શકાય છે. એ ઉપરાંત જે વસ્તુ ઉપર બહારનો પ્રકાશ આવીને પડે અને પ્રકાશિત બને, તેને પણ આપણે જોઇ શકીએ છીએ. એનું કારણ એ છે કે વસ્તુના દરેક ભાગ ઉપર પડતાં કિરણોનું પરાવર્તન (reflection) થાય છે અને એ કિરણો આપણી આંખમાં દાખલ થાય છે, અને તેના વડે આંખમાં વસ્તુનું પ્રતિબિંબ (image) પડે છે. જો પ્રકાશનું પરાવર્તન થતું ન હોત તો સ્વયંપ્રકાશિત વસ્તુઓ સિવાય બીજી વસ્તુઓ જોઈ શકાતે નહિ. જે વસ્તુ ઘણેાખરો

પ્રકાશ સ્વીકારી લે છે અને નહિ જેવું પરાવર્તન કરે છે તે વસ્તુ કાળી દેખાય છે. અંધારામાં પ્રકાશનો અભાવ હોય છે અને કોઇપણ વસ્તુમાંથી પ્રકાશ નીકળતો નથી તેમજ પ્રકાશનું પરાવર્તન થતું નથી તેથી દરેક વસ્તુ કાળી દેખાય છે.

કેટલીક વસ્તુ પ્રકાશનું વધુ પરાવર્તન કરે છે. ખરબચડી વસ્તુમાંથી ઓછું પરાવર્તન થાય છે. એક ધાતુના પતરાંને પૉલિસ કરતાં જઇએ તેમ તેમાંથી વધુ ને વધુ પ્રમાણમાં પ્રકાશનું પરાવર્તન થાય છે. ચોખ્ખા પારાની સપાટીમાંથી લગભગ ઘણાખરા પ્રકાશનું પરાવર્તન થાય છે. એટલે તે આરસા તરીકે પણ વપરાય છે. નહિ કટાય તેવા (stainless steel) લોખંડને ખૂબ પૉલિશ કરીએ તો તેમાંથી કાચના આરસાથી પણ વધુ સુંદર આરસા બનાવી શકાય છે. અપારદર્શક વસ્તુમાં પરાવર્તન વધુ પ્રમાણમાં થાય છે. પારદર્શક વસ્તુમાં પણ પરાવર્તન થાય છે, પરંતુ ઘણોખરો પ્રકાશ તે વસ્તુમાંથી આરપાર પસાર થઇ જાય છે.

એક નાનો લખોટો લઇને આંગળી વડે અમુક દિશામાં ગબડાવી દીવાલ સાથે અથડાવીએ તો માલૂમ પડે છે કે તે દિવાલ સાથે અથડાઇને અમૂક જ દિશામાં પાછો વળે છે. એ જ પ્રમાણે જો એક સપાટ પૃષ્ઠ ઉપર કિરણો ફેંકવામાં આવે તો તે હુમેશાં અમુક જ દિશામાં પરાવર્ત (reflect) થાય છે. નીચેના પ્રયોગથી એ બાબત પૂરવાર થશે.

આકૃતિ ૧૭૦



પ્રયોગઃ—એક કાગળ ઉપર ચર આરસીને ઊભી મૂકો (આકૃતિ ૧૭૦). આરસીની સામી બાજુએ બતાવ્યા મુજબ अ અને अ' એમ બે ટાંકણી ખોસો. હવે कक' દિશામાંથી આરસી તરફ જોઇ બીજી બે ટાંકણી क અને क' એવી રીતે ખોસો કે જેથી अ

અને अ' ના પ્રતિબિંબો અને क અને क' પીનો એક સીધી લીટીમાં દેખાય. આરસીની સપાટી यर ની કાગળ ઉપર નિશાની કરી આરસી ઉઠાવી લો. હવે अअ' અને कक' ને જોડી લંબાવો. બન્ને લીટીઓ ब આગળ મળશે. ब આગળ यर લીટી ઉપર बड લંબ દોરો, અને ખૂણો अबड અને कडब માપો. બન્ને ખૂણાને સરખાવો. अ, अ' ટાંકણીને બીજી જગ્યાએ મૂકી ઉપરનો પ્રયોગ ફરીથી કરો.

ઉપરના પ્રયોગમાં अअ' આપાત કિરણ (incident ray) કહેવાય છે, कक' પરાવર્ત કિરણ (reflected ray) કહેવાય છે અને डब લંબ (normal) કહેવાય છે. લંબ સાથે આપાત કિરણ જે ખૂણો (अबड) કરે છે તેને આપાતકોણ (angle of incidence) કહેવામાં આવે છે; એજ પ્રમાણે ખૂણા (कबड) ને પરાવર્તકોણ (angle of reflection) કહેવામાં આવે છે. આરસીના જે બિંદુ (ब) આગળ કિરણ પડે છે તેને આપાતબિંદુ (point of incidence) કહેવામાં આવે છે. પ્રયોગમાંથી એક બાબત એ માલૂમ પડે છે કે

$$\angle \text{अबड} = \angle \text{कबड}$$

એટલે કે

આપાતકોણ = પરાવર્તનકોણ

બીજી બાબત એ સમજાય છે કે આપાતકિરણ અને પરાવર્તકિરણ લંબની સામસામી બાજુએ હોય છે. વળી આરસી મૂકીને જોઇશું તો માલૂમ પડશે કે कक' લીટી, डब લીટી અને अअ' લીટીનું પ્રતિબિંબ એકજ સપાટીમાં દેખાય છે. આ ઉપરથી ખાતરી થાય છે કે આપાતકિરણ, પરાવર્તકિરણ અને લંબ એકજ સપાટીમાં રહે છે. આ ઉપરથી આપણે નીચેના બે નિયમો તારવી શકીશું.

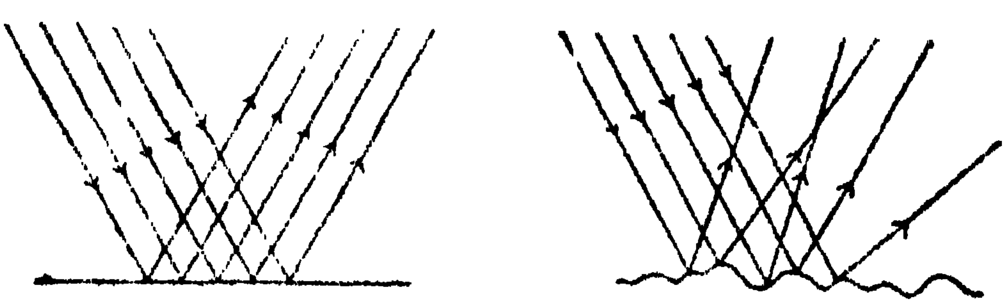
(૧) એક સપાટ પૃષ્ઠ ઉપરનું આપાતકિરણ, પરાવર્તકિરણ અને લંબ હમેશાં એક સપાટીમાં હોય છે અને અને આપાતકિરણ અને પરાવર્તકિરણ લંબની સામસામી બાજુએ હોય છે.

(૨) આપાતકોણ અને પરાવર્તકોણ હમેશાં સરખા હોય છે.

બીજો નિયમ અમુક કિરણ કયી દિશામાં જશે તે બતાવે છે. જે બિંદુ ઉપર કિરણ સપાટીને મળે છે ત્યાં લંબ દોરીને જેટલો આપાત કોણ થાય તેની સામી બાજુએ તેજ સપાટીમાં તેવડો પરાવર્તકોણ રચવાથી પરાવર્તકિરણ મળે છે.

આકૃતિ ૧૭૧

(૧) (૨)



જો સપાટી લીસી અને સરખી હોય તો આકૃતિ (૧૭૧ '૧') માં જેટલાં કિરણ સમાન્તર આવે તે પાછા સમાન્તર પરાવર્ત થાય છે; પરંતુ આકૃતિ (૧૫૪ ૨') માં બતાવ્યા પ્રમાણે જો સપાટી ખરબચડી હોય તો જુદાં જુદાં સમાન્તર કિરણો તેમાં બતાવ્યા મુજબ ગમે તે દિશામાં પરાવર્ત થશે. આથી પ્રકાશનું એક સરખું પરાવર્તન થતું નથી અને માત્ર પરીભવન (diffusion) થાય છે.

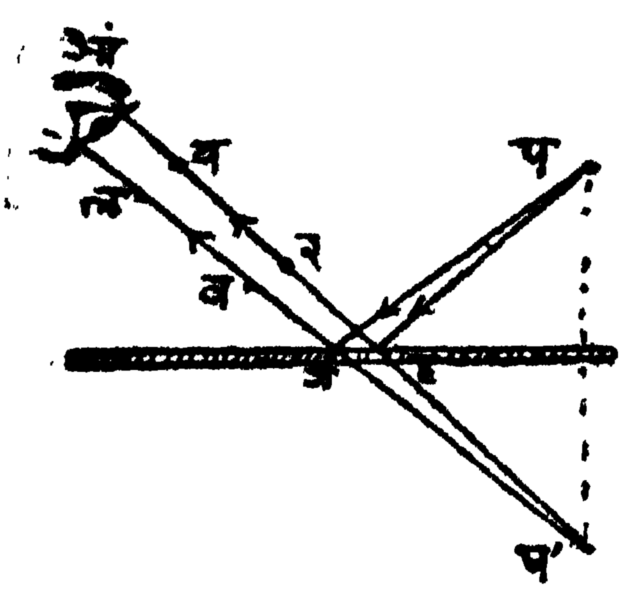
પૉલીસવાળી સપાટી ઉપરથી પરાવર્તન થાય છે અને ખરબચડી સપાટી ઉપરથી પરીભવન થાય છે. આથી પૉલીસવાળી સપાટી ઉપરથી જે કિરણો પાછાં વળે છે તે અમુક નિયત દિશામાં જ આવે છે અને તેથી જે વસ્તુના કિરણો તે સપાટી ઉપર પડે છે તે વસ્તુના પ્રતિબિંબને આપણે જોઈ શકીએ છીએ. ખરબચડી સપાટી ઉપરથી પરાવર્ત થતાં કિરણો ગમે તે દિશામાં

જાય છે અને તેથી જે વસ્તુ પ્રકાશ મોકલે છે તે વસ્તુનું પ્રતિબિંબ ખરબચડી સપાટી ઉપર જોઇ શકાતું નથી, પરંતુ તે સપાટીને આપણે જોઇ શકીએ છીએ.

૪. પરાવર્તનથી થતાં પ્રતિબિંબના નિયમ

આપણે આરસીમાં જોઇએ છીએ ત્યારે તેમાં આપણું પ્રતિબિંબ જોઈ શકાય છે. એનું કારણ પણ પ્રકાશના પરાવર્તનનું જ છે. આપણા શરીર ઉપર પરાવર્ત થઇને આરસી ઉપર જે કિરણો જાય છે તે કિરણો આરસીના પૃષ્ઠ ઉપરથી પરાવર્ત થાય છે. આથી એ કિરણો આરસીની પાછળથી આવતાં હોય એમ લાગે છે અને તેમાં આપણું પ્રતિબિંબ (image) દેખાય છે. એક આયનાથી પ્રતિબિંબ કેવી રીતે ઉત્પન્ન થાય છે એ નીચેના પ્રયોગ વડે સમજાય છે.

આકૃતિ ૧૭૨.



પ્રયોગ:(૧)—એક ટેબલ ઉપર કાગળ મૂકી આકૃતિ (૧૭૨) માં બતાવ્યા મુજબ એક ગદ્દ આરસી મૂકો. આરસીની સામે प આગળ એક ટાંકણી ખોસો.

હવે यर દિશામાં આંખ રાખી બે ટાંકણી य અને र એવી રીતે ખોસો કે જેથી य, र ટાંકણીઓ અને प નું પ્રતિબિંબ એક સીધી લીટીમાં દેખાય. એજ પ્રમાણે આંખને ખસેડી બીજી બે ટાંકણી ल અને व એવી રીતે મૂકો કે જેથી ल,व ટાંકણીઓ અને प નું પ્રતિબિંબ ફરીથી એકજ સીધી લીટીમાં દેખાય. આરસી ઉઠાવી લઇ यर ને જોડીને લંબાવો. એજ પ્રમાણે लव ને જોડીને લંબાવો. બન્ને કિરણ प' આગળ છેદતાં હોય, તો प' એ प નું પ્રતિબિંબ છે. આરસીથી प અને प' નું અંતર માપો.

પપ' લીટી આરસીથી કાટખૂણે છે કે કેમ તે તપાસો. એજ પ્રમાણે પ ને જુદે જુદે અંતરે રાખી ફરીથી પ્રયોગ કરો.

[પ ના પ્રતિબિંબનું સ્થાન નિયત કરવા એક પરાવર્ત કિરણ બસ થતું નથી. હંમેશા એક બિંદુનું પરાવર્તનથી જે પ્રતિબિંબ ઉત્પન્ન થાય તેનું સ્થાન નક્કી કરવા માટે જે અનેક કિરણો નિકળે છે તેમાંથી બે આપાત કિરણો લેવાં પડે છે. જે કિરણો પરાવર્ત થાય તેને લંબાવતાં જ્યાં એક બીજાને છેદે છે, ત્યાં તે બિંદુનું પ્રતિબિંબ દેખાય છે. મોટી વસ્તુ અનેક નાના બિંદુની બનેલી છે એટલે દરેક બિંદુથી ઉત્પન્ન થયેલાં પ્રતિબિંબો આખી વસ્તુનાં પ્રતિબિંબની રચના કરે છે.]

(૨):-આરસીની સામે એક ચોપડી રાખી અંદરના અક્ષર કેવા દેખાય છે તે જુઓ.

એક કાગળ ઉપર સાહીથી જાડા અક્ષર લખી ઉપર સાહીચુસ કાગળ દબાવો. સાહીચુસ કાગળની ઉપર અક્ષરોની ઊલટી નિશાની થઇ હોય તેને આરસી સામે રાખી જુઓ. અક્ષર સુલટા કે ઊલટા દેખાય છે.

ઉપરના પ્રયોગ (૧) માં બહારના પ્રકાશથી પ્રકાશિત થયેલી પીન પ માંથી જે કિરણો નીકળે છે તે દરેક દિશામાં જાય છે. એમાંથી જે કિરણો આરસી ઉપર પરાવર્ત થાય છે તે કિરણો પ' માંથી નીકળતાં હોય તેમ લાગે છે. પ' બિંદુ પ નું પ્રતિબિંબ છે. જો પ અને ' ને જોડવામાં આવે તો માલૂમ પડે છે કે ' લીટી अब ઉપર લંબ હોય છે અને પ ને પ' બિંદુઓ આરસીથી એકસરખાં અંતરે હોય છે. આ ઉપરથી આપણને બે નિયમ મળે છે.

(૧) વસ્તુ અને તેનું પ્રતિબિંબ આરસી ઉપર વસ્તુમાંથી દોરેલા લંબ ઉપર જ પડે છે; અને (૨) વસ્તુ અને પ્રતિબિંબ સરખા કદનાં છે અને આરસીથી સરખે અંતરે આવેલાં છે.

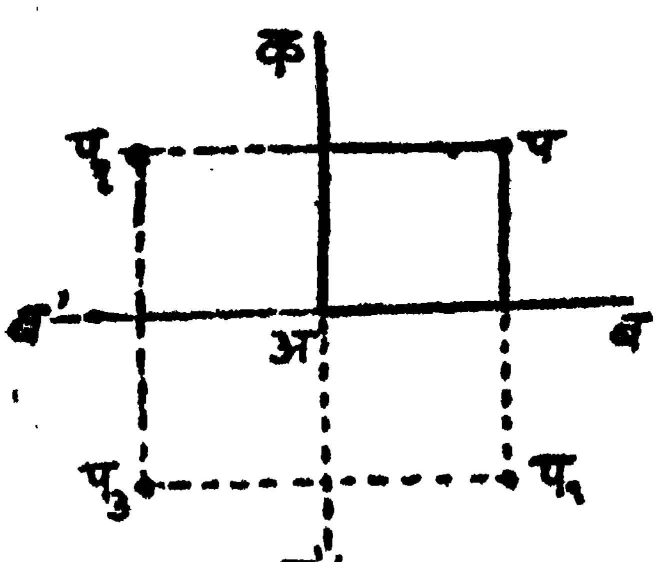
૫. અનેકગણા પ્રતિબિંબ Multiple images

પ્રયોગ (૧):–એક સરખી બે આરસી લઈને તેમની એક કોરને ગુંદરવાળો કાગળ લગાડી જોડી દો, કે જેથી તેમની પરાવર્ત કરતી બાજુ સામસામી આવે. એ બન્ને આરસાને (अब અને अक)ને આકૃતિ (૧૭૩) માં બતાવ્યા મુજબ કાટખૂણે રાખો. આરસાની નીચે એક કાગળ રાખો. હવે प આગળ એક ઊભી ટાંકણી ખોસો. બન્ને આરસામાં એક સામટાં કેટલાં પ્રતિબિંબ દેખાય છે ?

(૨):–બન્ને આરસીની વચ્ચે અનુક્રમે ૬૦°, ૪૫°, ૩૦° એમ ખૂણા રાખી કેટલા પ્રતિબિંબ દેખાય છે તે ઉપરની પેઠે પ્રયોગ કરી શોધી કાઢો.

આગળ જોયા તે નિયમ પ્રમાણે प માંથી કાટખૂણ આરસી अब અને अक ઉપર લંબ દોરીએ તો प ના પ્રતિબિંબ આરસાથી સરખે અંતરે પાછળ प$_1$ અને प$_2$ આગળ મળે છે. હવે प$_2$ પ્રતિબિંબ આરસા अब ની સામી બાજુએ હોવાથી તેનું એક બીજું પ્રતિબિંબ प$_3$ એ આરસી अब ને લીધે થાય છે.

આકૃતિ ૧૭૩.



बअ ને ब' સુધી વધારી प$_3$ ને ब' થી प$_2$ જેટલા અંતરે મૂકીએ તો ત્રીજું પ્રતિબિંબ મળી આવે છે. એ જ પ્રમાણે अक આરસા વડે प$_1$ પ્રતિબિંબને લીધે પણ બીજું એક પ્રતિબિંબ મળે છે અને તે प$_3$ ની જગ્યાએજ આવવાથી પહેલાંના प$_2$ના પ્રતિબિંબની જોડે મળી જાય છે. આમ બે આરસા કાટખૂણે હોય તો એક વસ્તુના ત્રણ પ્રતિબિંબ પડશે. પ્રયોગ (૧) માં આરસીને ગમે તે ખૂણાએ રાખી હોય તો

અનેક પ્રતિબિંબ પડશે. પ્રતિબિંબ કેટલાં પડશે એ જાણુવા માટે નીચેનો નિયમ ઉપયોગી થઈ પડે છે.

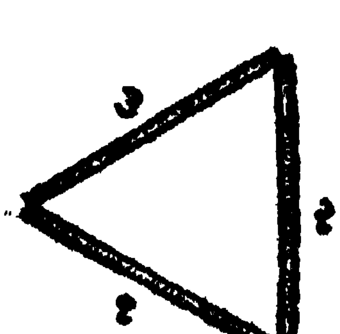
$$\text{પ્રતિબિંબની સંખ્યા} = \left(\frac{૩૬૦}{\text{આરસાની વચ્ચેના ખુણો}} - ૧ \right)$$

આ ઉપરથી જણાશે કે જો આરસીની વચ્ચેના ખૂણો ૯૦° નો હોય તો પ્રતિબિંબની સંખ્યા ૩ આવશે. ૬૦° નો ખૂણો હોય તો પ્રતિબિંબની સંખ્યા ૫ આવશે અને જેમ ખૂણો નાનો થશે તેમ પ્રતિબિંબની સંખ્યા વધતી જશે. જો બે આરસી સામસામી સમાન્તર હોય તો એ બન્નેની વચ્ચેનો ખૂણો શૂન્ય થાય છે એટલે પ્રતિબિંબની સંખ્યા અનંત (infinite) થશે.

૬. કેલિડારકોપ Kaleidos

આકૃતિ (૧૭૪)માં કેલિડોસ્કોપમાં ત્રણ એક સરખી આરસીને બતાવ્યા મુજબ એકમેકની સાથે ૬૦ ડિગ્રીનો ખૂણો કરે તેમ રાખેલી હોય છે. આકૃતિમાં માત્ર એ આરસીનો આડછેદ બતાવવામાં આવ્યો છે. એ ત્રણે આરસીને એક ભૂંગળીમાં રાખવામાં આવેલા છે. ત્રણે આરસીની પરાવર્તન કરતી બાજુને અંદરના ભાગ તરફ રાખેલી છે. ભૂંગળીને એક છેડે એક નાનું કાણું રાખેલું છે અને એક બીજો છેડો દૂધિયા કાચ (ground glass) વડે બંધ કરેલો છે. દૂધિયા કાચની નજીક નળીની અંદર બીજો સાદો કાચ રાખેલો છે અને તે બેની વચ્ચે રંગિન કાચના ટૂકડા રાખેલા હોય છે. હવે જો દૂધિયા કાચવાળો છેડો પ્રકાશ તરફ રાખીને બીજે છેડેથી નળીમાં જોઈએ તો ત્રણ કાચવડે અનેકગણા પ્રતિબિંબ દેખાય છે, અને તેથી ઘણીજ સુંદર આકૃતિ

આકૃતિ ૧૭૪



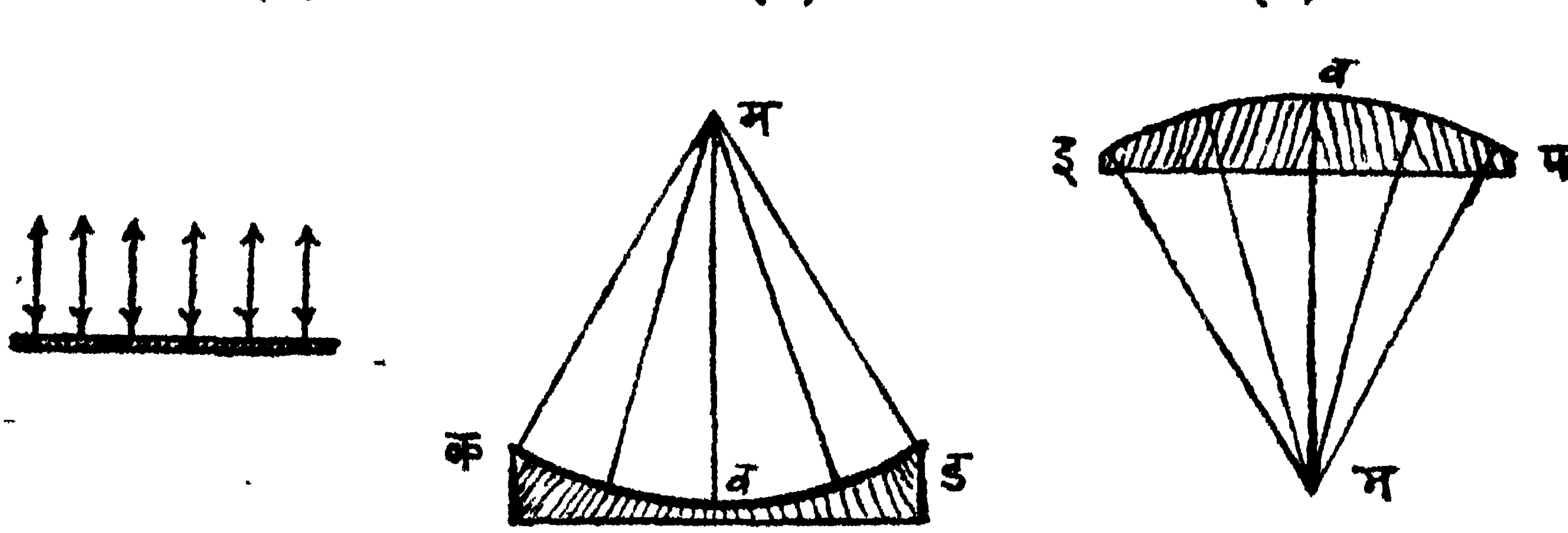
નજરે પડે છે. નળીને ગોળ ફેરવતા જઇએ તેમ દરેક વખતે કાચના ટુકડાની નવીન પરિસ્થિતિને લીધે નવીન તરેહની સુવ્યવસ્થિત રચના નજરે પડે છે.

૭. વક્ર આરસા
Curved Mirrors

જો આરસીનું પૃષ્ઠ સપાટ ન હોય પરંતુ વક્ર (curved) હોય તો વસ્તુ અને તેના પ્રતિબિંબના સ્થાન જુદે જુદે સ્થળે આવે છે. વક્ર આરસીમાં પ્રતિબિંબ ક્યાં અને કેવી રીતે ઉદ્ભવે છે તે સમજવા પ્રથમ સપાટ આરસીના પરાવર્તનના નિયમ ધ્યાનમાં રાખવા જરૂરના છે. આરસીની સપાટી ઉપર ગમે તે દિશામાંથી એક કિરણ પડે તો તે કયી દિશામાં પરાવર્ત થશે તે શોધવા પ્રથમ સપાટીના આપાતબિંદુ (point of incidence) આગળ લંબ (normal) દોરવો પડે છે અને આપાતકોણ જેવડો ણો સામી બાજુએ કાઢી જે રેખા આવે તે પરાવર્તકિરણ બતાવે છે. એક કિરણ લંબની દિશામાંજ આરસી ઉપર પડે તો આપાતકોણ શૂન્ય હોવાથી એ કિરણ

આકૃતિ ૧૭૫

(૧) (૨) (૩)



સપાટ પૃષ્ઠ — Plane surface; અંતર્ગોળ પૃષ્ઠ — Concave surface; બહિર્ગોળ પૃષ્ઠ — Convex surface

પાછું લંબની દિશામાં જ પરાવર્ત થાય છે. આપણે ત્રણ જાતનાં પૃષ્ઠ (surface) લઇએ અને તેના ઉપર જુદે જુદે ઠેકાણે લંબ દોરીએ તો એ વડે પૃષ્ઠ ઉપર આપાત થતાં કિરણો કેમ પરાવર્ત થશે તે શોધી કઢાશે.

આકૃતિ (૧૭૫)માં સપાટ પૃષ્ઠ ઉપર જેટલાં કિરણો લંબ છે તે સર્વ સમાન્તર હોય છે એટલે એ સર્વ કિરણો પાછાં એ જ માર્ગે પરાવર્ત (reflect) થાય છે. ક ઙ જેવા અંતર્ગોળ (concave surface) ઉપર દરેક બિંદુએ લંબો દોરીએ તો તે સર્વ લંબો એ પૃષ્ઠના વર્તુલમધ્ય (centre) મ આગળ મળશે. એ જ પ્રમાણે બહિર્ગોળ પૃષ્ઠ (convex surface) ના લંબ પણ વર્તુલમધ્ય મ આગળ મળશે. ફેર માત્ર એટલો જ કે અંતર્ગોળ પૃષ્ઠનું વર્તુલમધ્ય પૃષ્ઠની ઉપર આવશે અને બહિર્ગોળ પૃષ્ઠનું વર્તુલમધ્ય નીચે આવશે.

એક ગોળા (sphere)ના બે નાના ભાગ કાપી કાઢવામાં આવે અને બન્ને ઉપર એવી રીતે ઢોળ ચઢાવવામાં આવે કે જેથી એકની ઉપસેલી બાજુ ચકચકીત (એટલે કે કિરણોને પરાવર્ત કરે તેવી) હોય અને બીજાની ઊંડી બાજુ ચકચકિત હોય, તો જેની ઉપસેલી બાજુએ પ્રતિબિંબ દેખાય તેને બહિર્ગોળ આરસો (convex mirror) અને અને જેની ઊંડી (અંતર્ગોળ બાજુમાં પ્રતિબિંબ દેખાય તેને) અંતર્ગોળ આરસો (concave mirror) કહેવામાં આવે છે. એ બન્ને આરસા વડે કિરણોનું પરાવર્તન થવાથી પ્રતિબિંબ કેવી રીતે ઉદ્ભવે છે તે નીચે સમજાવ્યું છે.

અંતર્ગોળ અને બહિર્ગોળ આરસામાં પરાવર્તક (reflecting) પૃષ્ઠ ઉપરનું છે, અને નીચેની બાજુએ પારા અને જસતના ભેળનું પૉલિશ કરવામાં આવે છે. આકૃતિ (૧૭૫)માં ક ઙ અને

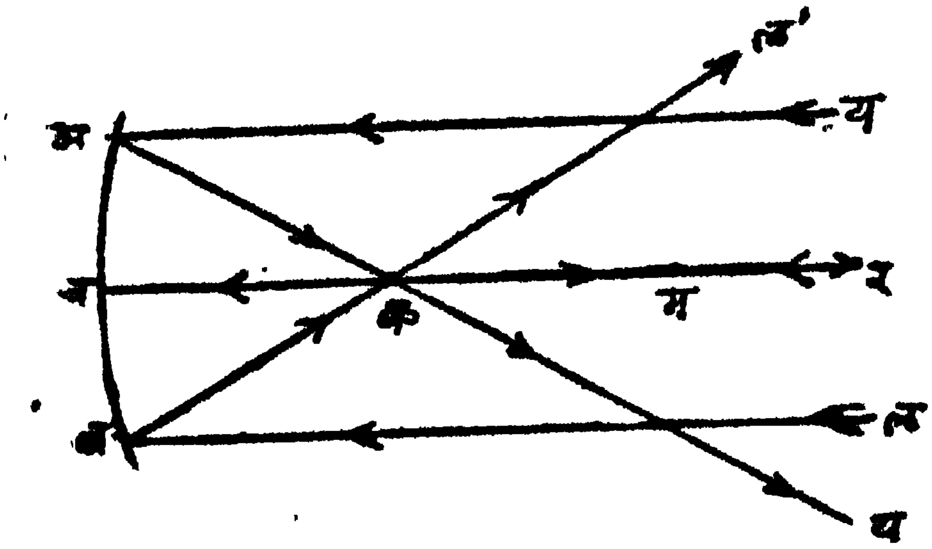
इ फ ને આરસાનો વ્યાસ (daimeter) ગણુવામાં આવે છે. क ड અથવા इ फ ને દુભાગતી म માંથી પસાર થતી લીટી मव દોરીએ તેને આરસાની મૂખ્ય ધરી (principal axis) કહેવામાં આવે છે. જે બિંદુ व આગળ, એ લીટી, આરસાને મળે તેને આરસાનો ધ્રુવ (pole) કહેવામાં આવે છે. આરસાનાં કોઇપણ બિંદુને તેના વર્તુલમધ્યની સાથે જોડનારી લીટીને વર્તુલત્રિજ્યા (radius of curvature) કહેવામાં આવે છે.

બન્ને આરસા म આગળ મધ્ય હોય એવા ગોળાના નાના ભાગ રૂપ હોય છે, એટલે म બન્ને આરસાનું વર્તુલમધ્ય (centre of curvature) ગણાય છે.

૮. અંતર્ગોળ આરસો
Concave mirror

અંતર્ગોળ આરસા વડે અમુક ઠેકાણે મૂકેલી વસ્તુનું પ્રતિબિંબ કયાં પડે છે તે હવે જોઇશું. પ્રથમ ધારો કે अ ब એક અંતર્ગોળ આરસો છે (આકૃતિ ૧૫૯) અને તેમાં म વર્તુલમધ્ય છે, व ધ્રુવ (pole) છે અને मव ધરી (axis) છે.

આકૃતિ ૧૭૬



એના ઉપર य,र,ल, સમાન્તર કિરણો અનુક્રમે अ, व અને ब આગળ પડે છે. જો म આરસાનું વર્તુલમધ્ય હોય તો मअ मव અને मव ત્રણે લંબ છે. એટલે य, र અને ल કિરણો કયી દિશામાં પરાવર્ત થશે તે સહેલાઇથી આકૃતિમાં બતાવ્યા પ્રમાણે શોધી કઢાશે. म ને अ જોડીએ તો म अ य

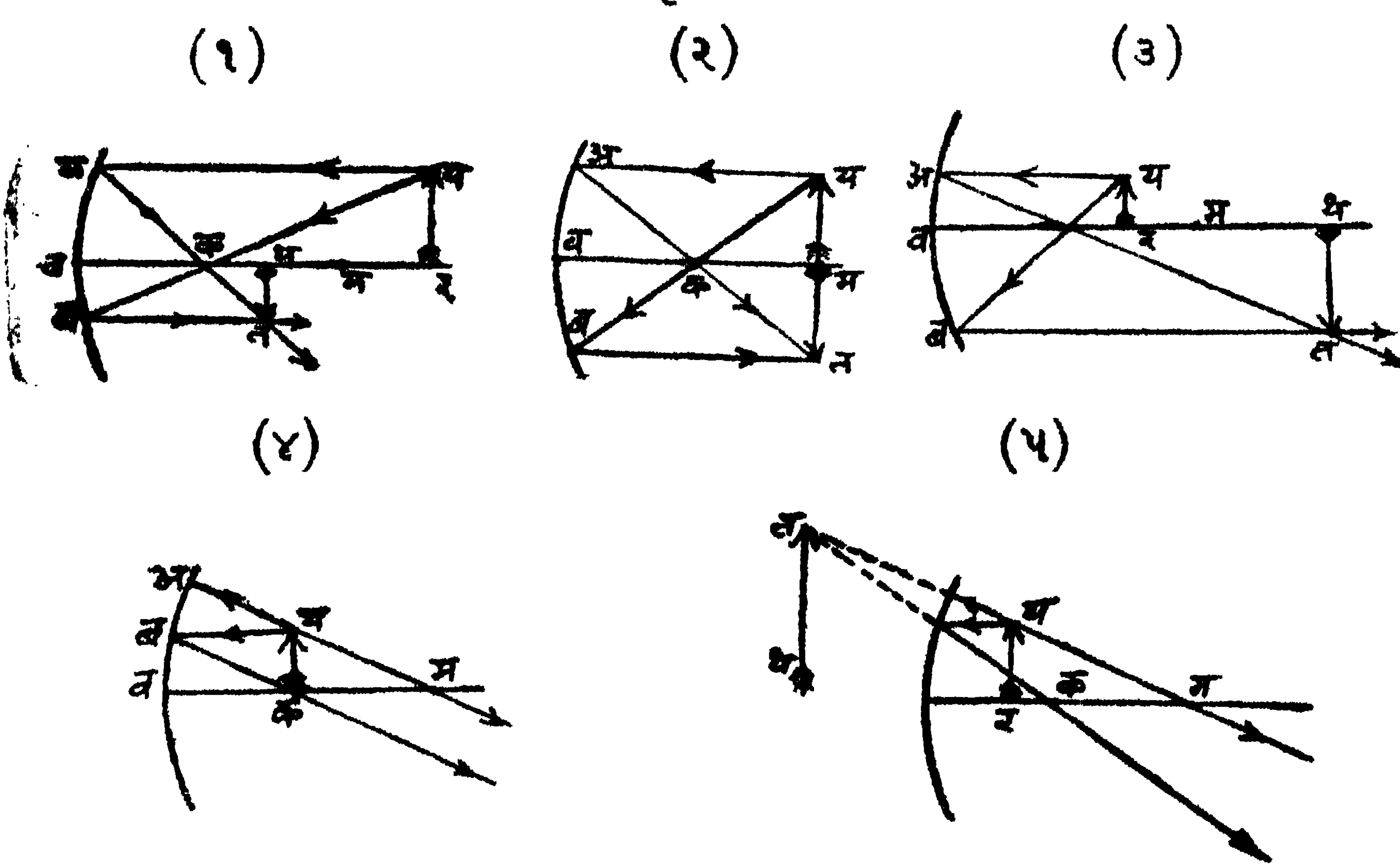
આપાતકોણ (angle of iccidence) થાય છે અને મ અ ય' પરાવર્તકોણ (angle of reflection) થાય છે અને તેથી ય કિરણ અય' દિશામાં પરાવર્ત થાય છે. ર કિરણ માટે આપાતકોણ શૂન્ય છે. એટલે એ કિરણ પાછું ક ર દિશામાં પરાવર્ત થાય છે. લ કિરણ વલ' દિશામાં પરાવર્ત થાય છે. ત્રણે પરાવર્ત થયેલાં કિરણો ધરી (axis) ઉપર ક આગળ એકબીજાને દે છે, એટલે આપણે એમ કહીએ છીએ કે એ જગ્યાએ બધા કિરણો કેન્દ્રિત થયાં છે. આ પ્રમાણે આરસા ઉપર ધરીને સમાન્તર ગમે તેટલાં કિરણો (rays parallel to the axis) પડે તે સર્વે પરાવર્તન થયા પછી પછી આ કેન્દ્ર ક માંથી પસાર થાય છે. આથી ક ને આરસાનું કેન્દ્ર (focus) કહેવામાં આવે છે. એ બિંદુ ધરી ઉપર વ અને મ ની લગભગ મધ્યમાં આવે છે. સૂર્યમાંથી આવતાં બધાં કિરણો સમાન્તર હોય છે, કારણ કે એ કિરણો ઘણે દૂરથી આવે છે; એટલે આરસાને સૂર્યની સામે ધરીએ તો સૂર્યનું પ્રતિબિંબ ક કેન્દ્ર (focus) આગળ પડે છે. મ ને આરસાનું વર્તુલમધ્ય (centre of curvature), અને ક ને કેન્દ્ર (focus) કહેવામાં આવે છે. વ થી ક ના અંતરને કેન્દ્રલંબાઈ (focal length) કહેવામાં આવે છે, અને વમ અંતરને વર્તુલત્રિજ્યા (radius of curvature) કહેવામાં આવે છે.

હવે ઉપર દર્શાવેલા પરાવર્તનના દૃષ્ટાંત ઉપરથી ત્રણ બાબત નક્કી થાય છે. (૧) એક કિરણ ધરી (axis)ને સમાન્તર આવતું હોય તો તે પરાવર્ત થઈને કેન્દ્રમાંથી (focus) પસાર થાય છે; (૨) કિરણ જો વર્તુલમધ્ય (centre of curvature) માંથી

પસાર થાય તો તે પાછું એ જ દિશામાં પરાવર્ત થાય છે; અને (૩) જો કિરણ કેન્દ્ર (focus) માંથી પસાર થઈ આરસા ઉપર પડે તો તે પરાવર્ત થઇને ધરીની સમાન્તર જાય છે.

આ ત્રણ નિયમ ધ્યાનમાં રાખીશું તો આપણે ગમે ત્યાં એક વસ્તુ રાખી હોય તો તેનું પ્રતિબિંબ ક્યાં પડશે તે નક્કી કરી શકીશું અને એક વસ્તુને ઘણે દૂરથી નજીક લાવીએ તેમ તેના પ્રતિબિંબનાં સ્થળ, કદ અને પ્રકારમાં શો ફેરફાર થશે એ આપણે નિયત કરી શકીશું. નીચેની પાંચ આકૃતિ (૧૭૭) વડે જુદે જુદે સ્થળે મૂકેલી યર વસ્તુના ક્યાં અને કેવાં પ્રતિબિંબ ઉત્પન્ન થાય તે બતાવ્યું છે. યર વસ્તુમાં-

આકૃતિ ૧૭૭



થી અનેક કિરણો આરસા ઉપર પડે છે આકૃતિ (૧૭૭, '૧'). તેમાંથી આપણે યઅ (ધરીની સમાન્તર) અને યબ (કેન્દ્રમાંથી પસાર થતાં) કિરણો લઇશું, તો યઅ કિરણ પરાવર્ત થઇને क માં થઇને

અત દિશામાં પરાવર્ત થાય છે અને યબ પાછું ધરીની સમાન્તરમાં બત દિશામાં પરાવર્ત થાય છે. એટલે બન્ને કિરણો ત આગળ છેદે છે અને ત્યાં ય નું પ્રતિબિંબ પડે છે. યર ધરીની ઉપર લંબ દિશામાં હોય તો ર નું પ્રતિબિંબ થ આગળ પડે છે. આમ યર વસ્તુનું પ્રતિબિંબ તથ આગળ પડે છે. જો યર આગળ એક મીણબત્તી મૂકી હોય તો તેનું પ્રતિબિંબ એક સફેદ કાગળ ઉપર તથ આગળ મળી શકે છે. આકૃતિ (૧૭૭'૧') ઉપરથી લાગે કે પ્રતિબિંબ ઊંધું છે અને વસ્તુના કદથી નાનું છે. એ પ્રતિબિંબને કાગળ ઉપર લઇ શકાય છે, કારણ કે બધાં કિરણો એક જગ્યાથી પસાર થાય છે. આવી જાતના પ્રતિબિંબને ખરૂં પ્રતિબિંબ (real image) કહેવામાં આવે છે. આકૃતિ (૧૭૭; ૨ અને ૩)માં ઉપર પ્રમાણે કિરણો લીધાં છે, પરંતુ આકૃતિ (૧૭૭,૪ અને ૫) માં અય કિરણ મ માંથી પસાર થાય છે, એટલે તે કિરણ તેની તેજ લીટીમાં પાછાં પરાવર્ત થાય છે. વળી આકૃતિ (૧૭૭,૪)માં પરાવર્તન થયેલાં કિરણો સમાન્તર હોવાથી એકબીજાંને છેદતાં નથી, એટલે એમાં પ્રતિબિંબ મળશે નહિ. આકૃતિ (૧૭૭,૫)માં કિરણો એકબીજાથી દૂર જાય છે એટલે એ કિરણોને પાછળ લંબાવીએ તો તે બન્ને ત આગળ મળે છે એટલે ત્યાં ય નું પ્રતિબિંબ આવે છે. એ પ્રમાણે તથ પ્રતિબિંબ મળે છે. એ પ્રતિબિંબ આભાસ પ્રતિબિંબ (virtual image) કહેવાય છે; કારણ કે એમાં કિરણો એકબીજાને મળતાં નથી, પરંતુ એ કિરણો જાણે ત થ માં થી આવતાં હોય તેવો ભાસ પડે છે. ખરાં પ્રતિબિંબને પડદા ઉપર લઈ શકાય છે; જ્યારે આભાસ પ્રતિબિંબ પડદા ઉપર લઇ શકાતું નથી. ખરૂં પ્રતિબિંબ

ઘણું ખરૂં ઊલટું હોય છે અને અને આભાસ પ્રતિબિંબ ઘણેભાગે સવળું હોય છે. સપાટ આરસામાં પણ જે પ્રતિબિંબ દેખાય છે તે ખરૂં પ્રતિબિંબ હોતું નથી, પરંતુ પરાવર્ત કિરણો જાણે આભાસ પ્રતિબિંબમાંથી આવતાં હોય તેમ લાગે છે. ઉપર પ્રમાણે જુદે જુદે સ્થળે વસ્તુને રાખવાથી પ્રતિબિંબના જે ફેરફાર આકૃતિ (૧૭૭ '૧, ૨, ૩, ૪, ૫') વડે બતાવેલા છે તે નીચેના કોષ્ટકમાં તારવી કાઢેલા છે.

આકૃતિ	વસ્તુનું સ્થળ	પ્રતિબિંબનું સ્થળ	પ્રતિબિંબનો પ્રકાર
૧. ૧૭૬	અતિ દૂર	કેન્દ્ર क આગળ	ખરૂં, ઊલટું અને નાનું
૨. ૧૭૭'૧'	વર્તુલમધ્ય म થી દૂર	કેન્દ્ર क અને વર્તુલ મધ્ય (म) ની વચ્ચે	ખરૂં, ઊલટું અને નાનું
૩. ,, '૨'	વર્તુલમધ્ય (म) ઉપર	વર્તુલમધ્ય म આગળ	ખરૂં, ઊલટું અને સરખું
૪. ,, '૩'	વર્તુલમધ્ય (म) અને કેન્દ્ર (क) ની વચ્ચે	વર્તુલમધ્ય म થી દૂર	ખરૂં, ઊલટું અને મોટું
૫. ,, '૪'	કેન્દ્ર (क) ઉપર	અતિ દૂર	અનિશ્ચિત (સમાન્તર કિરણો)
૬. ,, '૫'	કેન્દ્ર (क) થી નજીક	આરસા પાછળ	આભાસિત (virtual), સુલટું અને મોટું

ઉપરના પ્રતિબિંબના આકાર અને પ્રકાર વગેરે નીચેના પ્રયોગ વડે નિયત થશે.

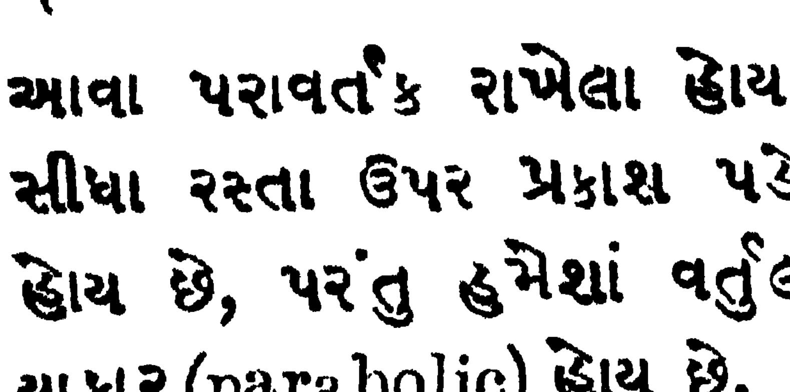
પ્રયોગઃ—(૧) એક અંતર્ગોળ આરસાને સૂર્યની સામે ધરો. સૂર્યનું પ્રતિબિંબ ક્યાં આવે છે તે આરસાની સામે એક સફેદ કાગળ રાખી શોધી કાઢો. પ્રતિબિંબનું આરસાથી અંતર માપો. એ અંતર આરસાની કેન્દ્રલંબાઇ क છે. ઉપર પ્રમાણે દૂરનું કોઇ મકાન કે ઝાડનું પ્રતિબિંબ મેળવો અને તેમના પ્રતિબિંબના અંતર, કદ અને આકારની નોંધ ઉપરના કોઠા (૧) માં બતાવ્યા મુજબ કરો.

(૨) ઉપરના આરસાની સામે એક મીણબત્તી અનુક્રમે (૧) વર્તુલમધ્યથી દુર, (૨) વર્તુલમધ્ય આગળ, (૩) વર્તુલમધ્ય અને કેન્દ્રની વચ્ચે, (૪) કેન્દ્ર ઉપર, અને (૫) કેન્દ્ર અને આરસાની વચ્ચે મૂકો અને તેનું તેનું સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ એક સફેદ કાગળ ઉપર પ્રત્યેક વખતે મેળવો. મીણબત્તિના પ્રતિબિંબનું અંતર, કદ અને પ્રકાર વિષેની નોંધ અનુક્રમે ઉપરના કોઠામાં (૨), (૩), (૪), (૫) અને (૬) માં બતાવ્યા પ્રમાણે કરો.

૯. પરાવર્તક Reflector

આકૃતિ (૧૭૮) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક દીવો (क) ઉપર રાખીએ તો તેનાં કિરણો આરસાથી પરાવર્ત થઇને સમાન્તર ચાલ્યાં જશે અને અને એનો પ્રકાશ ઘણે લાંબે દૂર સુધી પહોંચશે. આ કારણને લીધે દીવાના પ્રકાશને ઘણે લાંબે સુધી અને તેજદાર મોકલવો હોય તો અંતર્ગોળ પરાવર્તક (reflector) ના કેન્દ્ર આગળ દીવાને રાખવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૧૭૮



મોટરના પરાવર્તક, ટૉર્ચ બૅટરીના પરાવર્તક, વગેરેમાં આવી જાતના અંતર્ગોળ આરસા રાખવામાં આવે છે. આગગાડીના એન્જીનની સાથે પણ આવા પરાવર્તક રાખેલા હોય છે, અને તેથી માઇલો સુધીના સીધા રસ્તા ઉપર પ્રકાશ પડે છે. સારા પરાવર્તક અંતર્ગોળ હોય છે, પરંતુ હમેશાં વર્તુલાકાર ન હોતાં ઘણીવાર પરવલાકાર (parabolic) હોય છે. એનું કેન્દ્ર ધરી ઉપર અમુક અંતરે આવેલું હોય છે અને ત્યાં દીવો મૂકતાં બધાં કિરણો બિલકુલ સમાન્તર પરાવર્ત થાય છે. અંતર્ગોળ (વર્તુલાકાર) આરસામાં પ્રકાશનાં કિરણો તદ્દન સમાન્તર થતાં નથી.

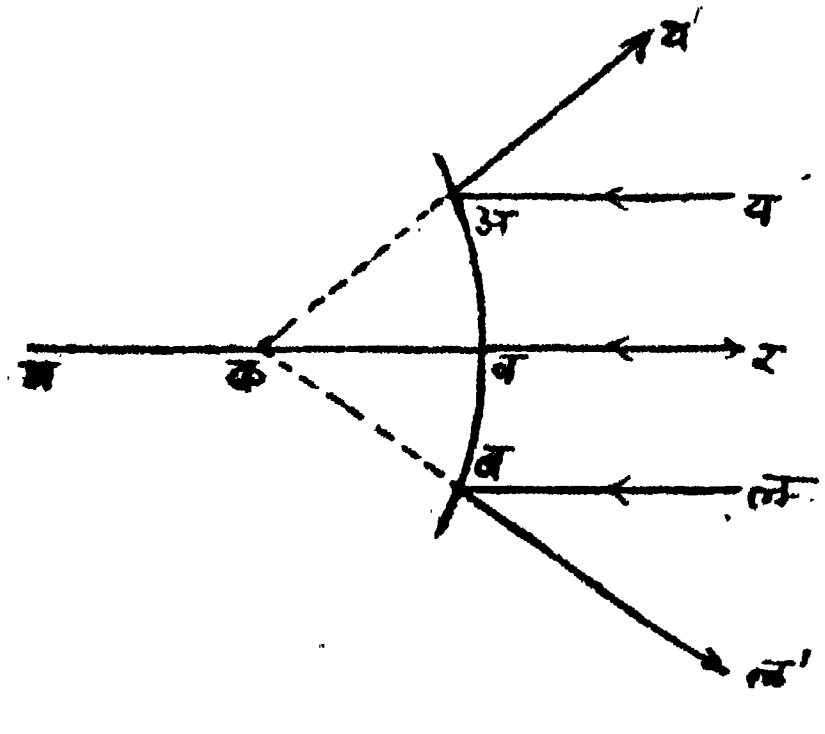
૧૦. વિપુલદર્શક આરસો
Magnifying mirror

અંતર્ગોળ આરસો આપણા ચહેરાને મોટો જોવા વપરાય છે. આકૃતિ (૧૭૭'૯') માં માલૂમ પડે છે કે જો કોઇ વસ્તુ આરસાના કેન્દ્રથી નજીક આવી જાય તો તેનું પ્રતિબિંબ આરસાની પાછળ જાય છે અને સુલટું અને મોટું થયેલું હોય છે. આથી જ્યારે અંતર્ગોળ કાચની ઘણી નજીક જોઇએ ત્યારે આપણું મુખ મોટું થયેલું અને સુલટું જણાય છે.

૧૧. બહિર્ગોળ આરસામાં પ્રતિબિંબ

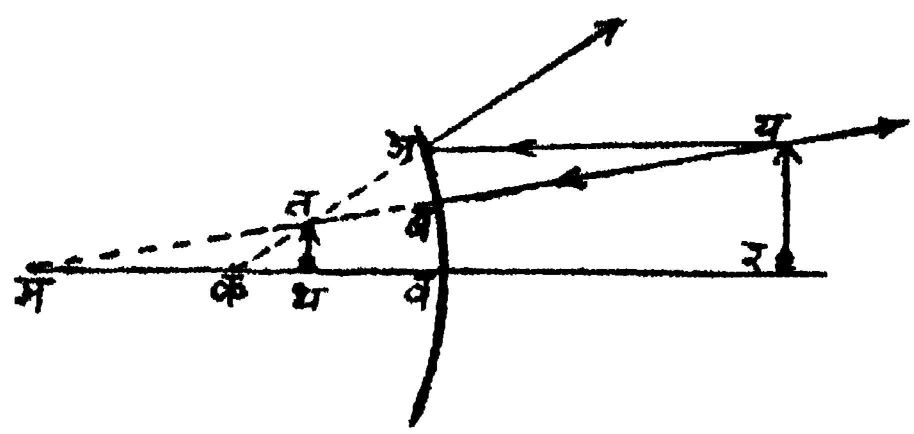
આકૃતિ (૧૭૯) માં બતાવેલા બહિર્ગોળ આરસા ઉપર પણ જો य, र અને ल ત્રણ ધરીને સમાન્તર કિરણ પડે તો તે પાછાં अय', वर અને वल'ની પેઠે પરાવર્ત થશે. એ કિરણો પરાવર્ત થઇને કેન્દ્રાપસારી (diverging) થઇ જાય છે, એટલે આરસાની સામી બાજુએ એકમેકને મળતાં નથી; પરંતુ તેને પાછળ લંબાવીએ તો क આગળ એકબીજાંને છેદે છે અને જાણે क માં થી નીકળતાં હોય તેવો ખ્યાલ આપે છે. આથી क કેન્દ્ર કહેવાય છે અને તે व અને म ની મધ્યમાં હોય છે. આકૃતિ [૧૮૦] માં यर વસ્તુથી તથ પ્રતિબિંબ કેમ ઉત્પન્ન થાય એ સમજાય છે. *यअ કિરણ अय' તરફ પરાવર્ત*

આકૃતિ ૧૭૯



૧

આકૃતિ ૧૮૦



(૨)

થાય છે અને यब કિરણ म તરફ જતું હોવાથી પાછું એજ રસ્તે પરાવર્ત થાય છે. એ કિરણોને પાછળ લંબાવીએ તો તે त માંથી નીકળતાં હોય તેમ લાગે છે. એટલે तथ આગળ પ્રતિબિંબ રચાય છે. यर કોઇપણ જગ્યાએ હોય તો પણ પ્રતિબિંબ નાનું, સુલટું, આભાસિત (virtual) क અને व ની વચ્ચે જ હોય છે.

૧૨. બહિર્ગોળ અને અંતર્ગોળ આરસાનાં પ્રતિબિંબ ગણતરીથી શોધવાનો નિયમ

ધારો કે આરસાના ધ્રુવ (pole) થી એક વસ્તુનું અંતર अ હોય, અને આરસાની કેન્દ્રલંબાઇ (focal length) क હોય તો તેનું પ્રતિબિંબ ક્યાં પડશે એ નીચેના નિયમથી શોધી કઢાશે. ધારો કે પ્રતિબિંબનું અંતર ब છે.

$$\frac{१}{अ} + \frac{१}{ब} = \frac{१}{क},$$

જેમાં अ = વસ્તુનું અંતર
ब = પ્રતિબિંબનું અંતર
क = કેન્દ્રલંબાઇ

ઉપરનો નિયમ બન્ને આરસાને લાગુ પડે છે, પરંતુ એમાં अ, ब અને क નું મૂલ્ય મૂકવું હોય ત્યારે તેની સંજ્ઞા (sign) ધ્યાનમાં લઇને મૂકવું પડશે.

બન્ને આરસામાં વસ્તુનું અંતર अ હમેશાં સત્ય (ધન) (positive) લેવામાં આવે છે અને આરસાથી વસ્તુ તરફનું

દરેક અંતર સવ્ય લેવાય છે. એનાથી બીજી બાજુનું અંતર અપસવ્ય (ઋણ negative) લેવામાં આવે છે. આથી અંતર્ગોળ આરસામાં क અને अ હુમેશાં સવ્ય (positive) હોય છે અને માત્ર છેલ્લી વખતે જ્યારે अ અંતર क થી ઓછું થાય છે, ત્યારે જ પ્રતિબિંબ આરસાની પાછળ જાય છે અને ब અપસવ્ય ગણાય છે. બહિર્ગોળ આરસામાં अ સવ્ય અને क ને ब હુમેશાં અપસવ્ય (negative) હોય છે. ઉપરના સમીકરણ (equation) માં જો બે મૂલ્ય જાણતા હોઇએ તો તેને તેની સંજ્ઞા(sign) સાથે મૂકવાથી ત્રીજી સંખ્યાનું મૂલ્ય આપોઆપ તેની સંજ્ઞા (sign) સાથે મળી આવશે; એટલે પ્રતિબિંબ આરસાની સામે કે પાછળ પડશે તે અથવા કેન્દ્રલંબાઈ સવ્ય કે અપસવ્ય હોય તે પણ માલૂમ પડશે. સવ્ય (positve) કેન્દ્રલંબાઇ (focal length) આવી તો જાણવું કે એ અંતર્ગોળ આરસો છે અને અપસવ્ય (negative) કેન્દ્રલંબાઇ મળી તો તે આરસો બહિર્ગોળ છે.

૧૩. अ, ब, અને क ના દૃષ્ટાંત

એક આરસાની કેન્દ્રલંબાઇ क (focal-length) ૧૫ સેમી. છે અને વસ્તુને અનુક્રમે ૪૦, ૩૦, ૨૫, ૨૦, ૧૫, ૧૦ સેમિ. જેટલાં અંતરે મૂકી તેનાં પ્રતિબિંબનાં અંતર શોધી કાઢવાં છે. હવે આરસો અંતર્ગોળ હોઇ શકે અથવા બહિર્ગોળ પણ હોઇ શકે એટલે પ્રથમ અંતર્ગોળ આરસો લઇએ.

અંતર્ગોળ આરસોઃ-એમાં अ અને क બન્ને સવ્ય (positive) છે.

સમીકરણને સાદું રૂપ આપીએ તો: $\frac{૧}{ब} = \frac{૧}{क} - \frac{૧}{अ}$

$$\text{અથવા } ब = \frac{अ \times क}{अ - क} = \frac{अ \times ૧૫}{अ - ૧૫}$$

આની અંદર अ નાં જુદાં જુદાં મૂલ્ય મુકીએ તો ब ના મૂલ્ય અનુક્રમે, ૨૪, ૩૦, ૩૭$\frac{૧}{૨}$, ૬૦, ∞ (infinite અનંત), અને (–૩૦) સેમિ. આવશે. આ ઉપરથી લાગે છે કે अ જ્યારે ૧૫ સેમિ. હોય, એટલે કેન્દ્રલંબાઇ જેટલું હોય ત્યારે પ્રતિબિંબ અતિ દૂર (infinite) ચાલ્યું જાય છે અને अ કેન્દ્રલંબાઇથી ઓછું હોય તો પ્રતિબિંબ (– ૩૦) સેમિ. અંતરે આરસાની પાછળ આવે છે.

બહિર્ગોળ અરસો:–એમાં अ સવ્ય (positive) અને क અપસવ્ય (negative) છે, એટલે

$$ब = \frac{अ \times (-૧૫)}{अ - (-૧૫)} = \frac{-(अ \times ૧૫)}{अ + ૧૫}$$

અને ब નું મૂલ્ય અનુક્રમે – ૧૦$\frac{૧૦}{૧૧}$, – ૧૦, – ૯$\frac{૩}{૮}$, ૮$\frac{૪}{૭}$, – ૭$\frac{૧}{૨}$, અને ૬ સેમિ. આવશે. આથી માલૂમ પડે છે કે પ્રતિબિંબ હંમેશા આરસાની પાછળ જ પડે છે.

સાર

૧. વસ્તુ ઉષ્ણ થાય ત્યારે ઘણે ભાગે તેમાંથી પ્રકાશ ઉત્પન્ન થાય છે. પ્રકાશના કિરણો અવકાશમાં ચારે બાજુ પ્રસરે છે. પારદર્શક વસ્તુમાંથી એ કિરણો પસાર થાય છે, અર્ધ પારદર્શકમાંથી થોડાં પસાર થાય છે અને અપારદર્શક વસ્તુમાંથી પસાર નથી થતાં. આથી પ્રકાશના માર્ગમાં આવતી અપારદર્શક વસ્તુનો પડછાયો પડે છે. પૃથ્વીના સૂર્યથી પડતા પડછાયામાં ચંદ્ર દાખલ થાય ત્યારે ગ્રહણ થઇ દેખાતો બંધ થાય છે.

૩. જે વસ્તુમાંથી પ્રકાશ આપમેળે નીકળે તેને આંખવડે જોઇ શકાય છે, અપારદર્શક અથવા અર્ધપારદર્શક વસ્તુને તેમના ઉપર પડતા બહારના પ્રકાશના કિરણોના થતાં પરાવર્તનને લીધે જોઇ શકાય છે. ચકચકિત લીસી સપાટીમાં વસ્તુનું પ્રતિબિંબ દેખાય છે, કારણ કે તેમાંથી કિરણો અમૂક જ દિશામાં પરાવર્ત થાય છે. ખરબચડી

વસ્તુમાંથી કિરણો ગમે તે દિશામાં પરાવર્તન થાય છે અને તેથી તે વસ્તુ નજરે પડે છે. એને પરીભવન કહેવામાં આવે છે.

૩. પરાવર્તન થતા પ્રકાશનું આપાત કિરણ અને પરાવર્ત કિરણ લંબની સામસામી દિશામાં હોય છે અને બન્નેના લંબ સાથેના કોણ (આપાતકોણ, angle of incidence અને પરાવર્તન કોણ, angle of reflection) સરખા થાય છે. આપાત કિરણ, લંબ અને પરાવર્તન કિરણો એકજ સપાટીમાં હોય છે.

૪. સપાટ આરસીમાં વસ્તુનું પ્રતિબિંબ આભાસી હોય છે, અને આરસીથી બીજી બાજુએ વસ્તુથી આરસીના જેટલાં જ અંતરે આવેલું હોય છે અને વસ્તુમાંથી આરસી ઉપર દોરેલા લંબ ઉપર તે પ્રતિબિંબ હોય છે.

૫. એક ગોળાના નાના પૃષ્ઠનો ઉપસેલો ભાગ ચકચકિત અને પરાવર્ત કરતો હોય તો તેને બહિર્ગોળ આરસો (convex mirror) કહેવામાં આવે છે. ખાડાવાળો ભાગ પરાવર્ત કરતો હોય તો તેને અંતર્ગોળ આરસો (concave mirror) કહેવામાં આવે છે. જે ગોળામાંથી એ આરસાનું પૃષ્ઠ લીધેલું છે, તેના મધ્યને આરસાનું વર્તુલમધ્ય (centre of carvature) કહેવામાં આવે છે. આરસાના વચ્ચેના બિંદુને અને વર્તુલમધ્યને જોડતી લીટીને ધરી (axis) કહેવામાં આવે છે. ધરીની સમાન્તર આવતાં કિરણો આરસામાંથી પરાવર્ત થતાં જે બિંદુ આગળ કેન્દ્રિત થાય અથવા તેમ થતાં દેખાય તો તે બિંદુને આરસાનું કેન્દ્ર (focus) કહેવામાં આવે છે. એ બન્ને આરસા વડે ઉત્પન્ન થતાં પ્રતિબિંબ એને તેના નિયમો કોષ્ટક (પા. ૩૭૪) માં તેમજ ફકરા (૧૩) માં બતાવ્યા છે. અંતર્ગોળ આરસાનો ઉપયોગ પરાવર્તક તરીકે અને વિપુલદર્શક આરસાને તરીકે થાય છે.

પ્રકરણ ૨૦

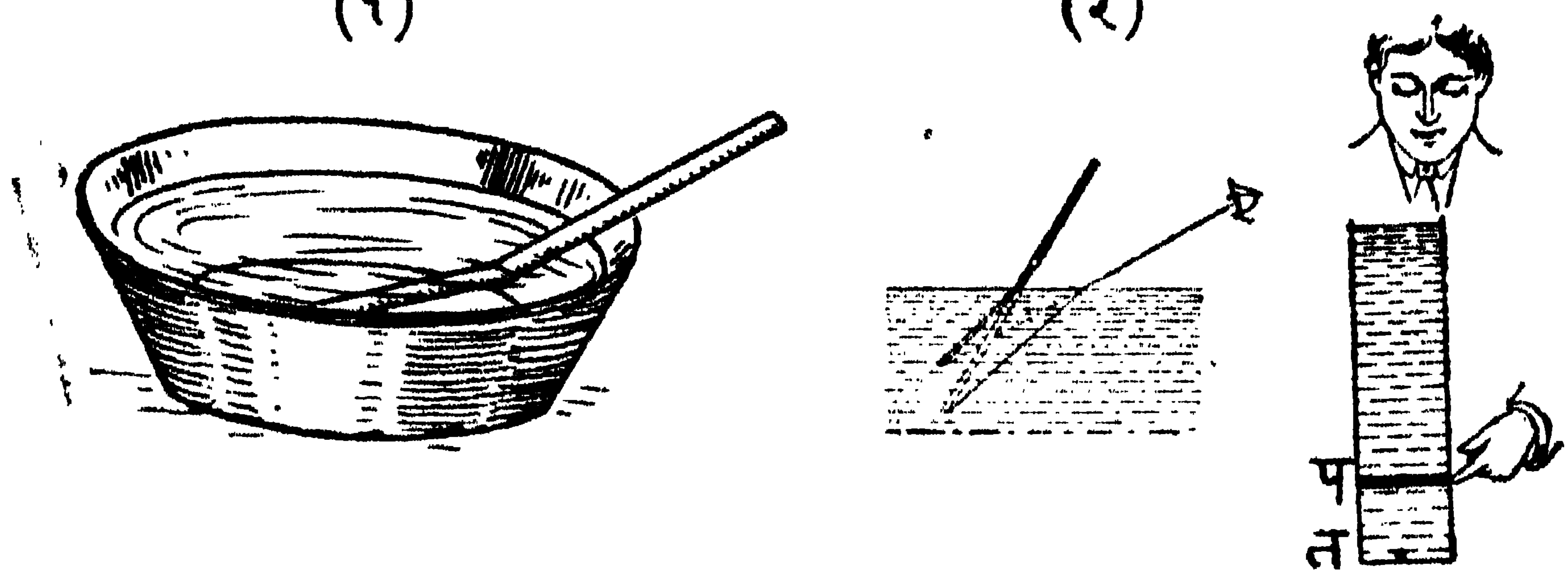
વક્રીભવન (Refraction)

૧. વક્રીભવન Refraction

પ્રયોગ (૧)–આકૃતિ (૧૮૧'૧,૨') માં બતાવ્યા મુજબ એક લાકડી પાણીમાં ત્રાંસી રાખી દાખલ કરો. લાકડી પાણીની સપાટી આગળ વાંકી થયેલી લાગે છે. કારણ શું ?

આકૃતિ ૧૮૧

(૧) (૨) (૩)

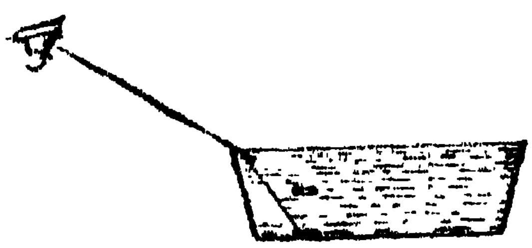


(૨)–એક ખાલી નળાકાર પાત્રમાં એક સીક્કો નાંખો. ઉપરથી જોઇને તળિયાંની ઊંડાઇનો આશરો કાઢો. હવે પાત્રને પાણીથી ભરી દો, અને ફરીથી સીક્કો કેટલે ઊંડે દેખાય છે તેની આકૃતિ (૧૮૧,"૩) માં બતાવ્યા પ્રમાણે નોંધ કરો. તળિયું ત થી પ સુધી ઊંચે આવેલું માલૂમ પડે છે. કારણ શું ?

(૩): એક દીવાના પ્રકાશને એક બારીક કાણામાંથી પસાર કરી એક સફેદ કાગળની ઉપર પડવા દો. દીવાનો પ્રકાશ ક્યાં પડે છે તેની નોંધ કરો. હવે પ્રકાશના માર્ગની વચ્ચે એક જાડો કાચનો ટુકડો ત્રાંસો રાખો. પ્રકાશ હવે કયી જગ્યાએ પડે તેની નોંધ કરો.

(૪):–આકૃતિ (૧૮૨)માં બતાવ્યા મુજબનું એક ખાલી અને અપારદર્શક વાસણ લો. વાસણની એક બાજુ તળિયાંમાં એક સીક્કો નાંખો અને તમારી આંખ એવી જગ્યાએ ગોઠવો કે

આકૃતિ ૧૮૨



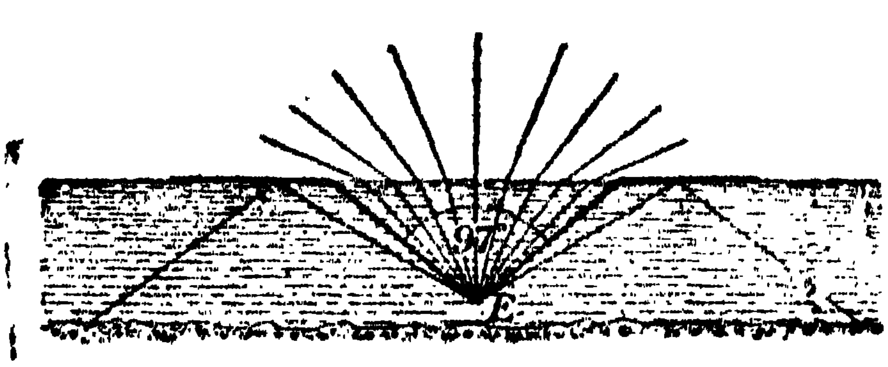
જેથી સીક્કો દેખાતો બંધ થાય, પરંતુ સહેજ ઊંચેથી જોતાં તુરતજ દેખી શકાય. હવે આંખને એ જ જગ્યાએ સ્થિર રાખીને વાસણમાં પાણી રેડો. હવે સીક્કો જોઇ શકાય છે. કારણ શું ?

ઉપરના પ્રયોગો વડે સમજાય છે કે પ્રકાશના કિરણો હવામાંથી બીજા કોઈ પારદર્શક માધ્યમમાં ત્રાંસાં દાખલ થાય તો દિશા બદલે છે. પ્રયોગ (૧) માં લાકડી વાંકી લાગે છે, કારણ કે લાકડીના પ્રત્યેક બિંદુમાંથી પાણીની બહાર હવામાં આવતાં કિરણો પાણીની સપાટી આગળ વાકાં વળે છે. આથી આપણને એવો ભાસ થાય છે કે એ કિરણો સહેજ ઊંચી જગ્યાએથી આવે છે. પરિણામે પાણીની અંદરની લાકડીનો ભાગ ઊંચે આવેલો માલૂમ પડે છે અને તેથી લાકડી વાંકી દેખાય છે. આવાજ કારણથી પાણીથી ભરેલાં વાસણનું તળિયું ઊંચે આવેલું લાગે છે (પ્રયોગ ૨).

પ્રયોગ (૩) માં પ્રકાશનું કિરણ જાડા કાચમાંથી ત્રાંસુ પસાર થાય તો તે સ્થળાંતર થાય છે. એનું કારણ પણ કાચમાં દાખલ થતાં કિરણનું વાંકુ વળવું જ તેજ છે. એ કાચ ઉપર લંબ દિશામાં કિરણ પડે તો તે જ દિશામાં પસાર થાય છે.

પાણીમાં એકાદ પ્રકાશિત વસ્તુને આકૃતિ(૧૮૩)માં બતાવ્યા પ્રમાણે રાખીએ તો એમાંથી નીકળતાં કિરણો બતાવ્યા પ્રમાણે

આકૃતિ ૧૮૩

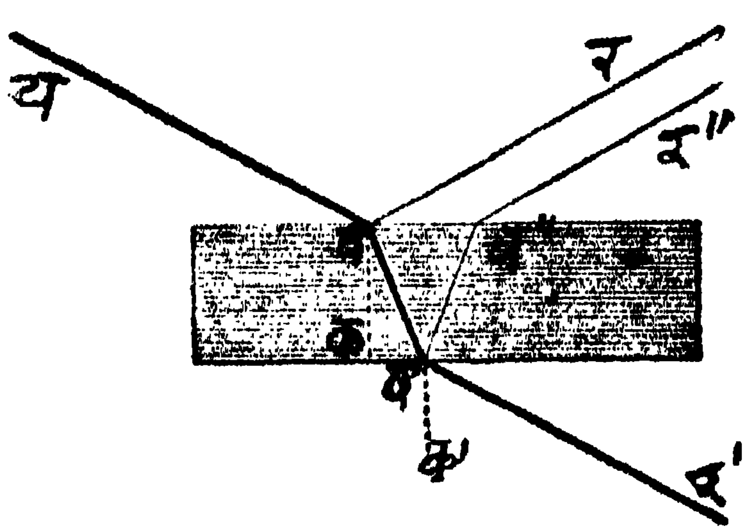


વક્ર થઇને નીકળશે અને કેટલાક કિરણો બિલકુલ બહાર આવશે નહિં.

આ ઉપરથી એમ લાગે છે કે જ્યારે એક જ માધ્યમ

(medium) માં પ્રકાશના કિરણો જતાં હોય ત્યારે સીધી લીટીમાં જ જાય છે, પરંતુ એક માધ્યમમાંથી બીજા માધ્યમમાં જાય ત્યારે એ કિરણો સહેજ દિશા બદલી બીજા માધ્યમમાં બીજી સીધી લીટીમાં પ્રસરે છે. દાખલા તરીકે પાણીમાંથી કિરણો હવામાં આવે અથવા હવામાંથી પાણીમાં જાય તો કિરણની દિશા બન્ને માધ્યમની સપાટી આગળ બદલાય છે. આ ઘટનાને વક્રીભવન (refraction) કહેવામાં આવે છે. માત્ર કિરણો બે માધ્યમની સપાટી ઉપર લંબ દિશામાં પડે તોજ દિશા બદલતાં નથી.

આકૃતિ ૧૮૪



ધારો કે કાચના એક સમાન્તર બાજુવાળા ટુકડામાં યવ કિરણ હવામાંથી વ આગળ દાખલ થાય છે આકૃતિ (૧૮૪). એ કિરણનું વ આગળ વક્રીભવન થાય છે, એટલે કાચના યવ દિશાને બદલે વવ દિશામાં મુસાફરી કરે છે. આ ઉપરાંત વ સપાટી આગળ કેટલોક પ્રકાશ પરાવર્ત થવાથી વર દિશામાં જાય છે. પરંતુ મોટા ભાગનો પ્રકાશ વવ' તરફ જ જાય છે. વ આગળ પણ કિરણ વવ' નું વક્રીભવન થાય છે અને તેથી મોટા ભાગનો પ્રકાશ વ'ર' તરફ વક્રીભૂત થાય છે. કેટલોક પ્રકાશ વ' આગળ પરાવર્ત (reflect) થઇને વવ'' તરફ જાય છે અને ત્યાંથી પાછો વક્રીભવન થઈને વ''ર'' તરફ જાય છે. વય કિરણ આપાતકિરણ (incident ray) કહેવાય છે અને વવ' વક્રીભૂતકિરણ (refracted ray) કહેવાય છે.

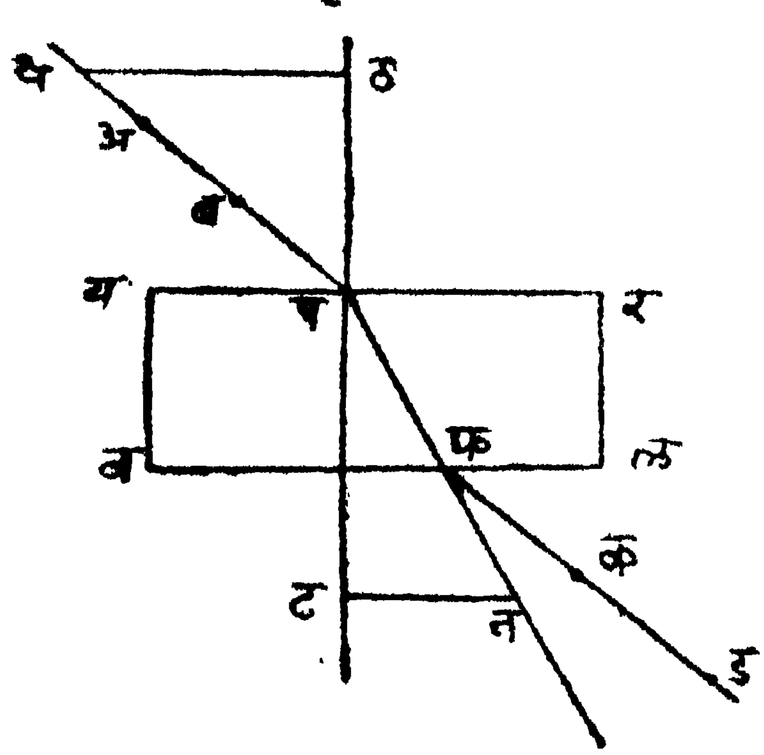
જો યવ કિરણની વચ્ચે કાચની તકતી ન હોત તો તે સીધી લીટીમાં ચાલી ગયું હોત. કાચની તકતી વચ્ચે આવવાથી

એ કિરણુ કાચની અંદર વવ' દિશામાં મુસાફરી કરે છે અને વ' આગળ હવામાં બહાર નીકળી વ'ર' દિશામાં ગતિ કરે છે. યવ અને વ'ર' સમાન્તર લીટીઓ છે એટલે કાચમાં થઇને બહાર નીકળતું કિરણુ પ્રથમ કિરણુની સમાન્તર દિશામાંજ નીકળે છે, પરંતુ થોડું સ્થળાંતર થાય છે. આ ઉપરથી પ્રયોગ (૩) ની ઘટના સમજાય છે. કાચની બન્ને સપાટી આગળ થોડા પ્રકાશનું પરાવર્તન થાય છે.

૨. વક્રીભવનના નિયમો

પ્રયોગઃ–કાચનો એક મોટો લંબચોરસ ઘન લઇને આકૃતિ (૧૮૫) માં બતાવ્યા મુજબ अ અને ब બે પીન મુકો અને એની સામે બાજુ क અને ड બે બીજી પીન એવી રીતે મૂકો. હવે જો સામસામી બાજુએથી કાચમાં જોઇએ તો अब અને कड એક જ સીધી લીટીમાં દેખાય. એ ઘનની य, व, र, ल બાજુને નોંધો. ઘનને ઉઠાવી લઇ अब જોડી यर બાજુને प આગળ મળવા દો અને क ड ને જોડી व ल બાજુને फ આગળ મળવા દો. प આગળ ट ठ લંબ દોરો.

આકૃતિ ૧૮૫



∠अ प ठ = આપાત કોણુ અને ∠ट प क = વક્રીભૂતકોણુ છે. अप અને पफ લીટી ઉપર थप = तप લંબાઇ લો અને टठ લીટી ઉપર तट અને थठ બે લંબ દોરો. હવે थठ લંબાઇ અને तट લંબાઇનો ગુણોત્તર (ratio) 'थठ/तट' શોધી કાઢો. अ અને ब ટાંકણીને જુદે જુદે સ્થળે મૂકી ફરીથી આજ પ્રયોગ કરો અને 'थठ/तट' ગુણોત્તરનું મૂલ્ય કાઢો. એ ઉપરથી માલૂમ પડશે કે એ ગુણોત્તર એકમૂલ્ય (constant) આવશે. આ ગુણોત્તરને કાચનો વક્રીભનાંક (refractive

index) કહેવામાં આવે છે. જુદી જુદી વસ્તુનો વક્રીભવનાંક જુદો હોય છે, પરંતુ એક જ વસ્તુનો વક્રીભવનાંક એક પરિસ્થિતિમાં તેનો તે જ રહે છે.

આને ઘણીવાર સ્નેલનો નિયમ (Snells' law) અથવા સાઇન નિયમ (sine law) કહેવામાં આવે છે કારણ કે

$$\text{વક્રીભવનાંક} = \frac{\text{સાઇન (आ)}}{\text{સાઇન (व)}}, \quad \text{જેમાં} \quad \begin{array}{l}\text{आ = અપાતકોણ.} \\ \text{व = વક્રીભૂતકોણ.}\end{array}$$

ઉપરના દૃષ્ટાંતમાં $\angle$ अ प ठ = आ = આપાકોણ

અને $\angle$ ट प फ = व = વક્રીભૂતકોણ

$$\text{સાઇન (आ)} = \frac{\text{थ ठ}}{\text{थ प}} \text{ અને સાઇન (व)} = \frac{\text{त ट}}{\text{त प}}$$

$$\text{આથી વક્રીભવનાંક} = \frac{\text{थ ठ}}{\text{थ प}} \% \frac{\text{त ट}}{\text{त प}} = \frac{\text{थ ठ}}{\text{थ प}} \times \frac{\text{त प}}{\text{त ट}}$$

પરંતુ थ प = त प, હોવાથી

$$\text{વક્રીભવનાંક} = \frac{\text{थ ठ}}{\text{त ट}}$$

આમ વક્રીભવનાંક ઉપર બતાવ્યું તેટલું આવી રહે છે.

$$\text{વળી} \quad \text{વક્રીભવનાંક} = \frac{\text{પ્રકાશની માધ્યમમાં ગતિ}}{\text{પ્રકાશની હવામાં ગતિ}}$$

વળી જુદા જુદા માધ્યમમાં પ્રકાશની ગતિ જુદી હોય છે. માધ્યમ વધુ ઘટ્ટ હોય તો ગતિ ઓછી હોય છે અને પાતળું હોય તો વધારે હોય છે.

ઉપરના પ્રયોગ ઉપરથી એક બાબત એ સમજાય છે કે જ્યારે પ્રકાશનું કિરણ હવા જેવા પાતળા માધ્યમ (medium) માંથી કાચ જેવા ઘટ્ટ માધ્યમમાં દાખલ થાય છે, ત્યારે એ કિરણ લંબ તરફ વળે છે, અને આપાત કોણ કરતાં વક્રીભૂત-કોણ નાનો થાય છે. એથી ઉલટું ઘટ્ટ માધ્યમમાંથી એક કિરણ પાતળા માધ્યમમાં દાખલ થાય છે, ત્યારે એ કિરણ લંબથી

આવું જાય છે; અથવા આપાતકોણ કરતાં વક્રિભૂત કોણ મોટો થાય છે. ટૂંકમાં વક્રીભવનના નિયમો નીચે પ્રમાણે છેઃ—

(૧) એક માધ્યમમાંથી કિરણ બીજામાં દાખલ થાય ત્યારે કિરણનું વક્રીભવન થાય છે; એટલે બે માધ્યમની સપાટી મળે ત્યાં એ કિરણ દિશા બદલે છે.

(૨) આપાતકિરણ, લંબ અને વક્રીભૂતકિરણ એક સપાટીમાં હોય છે અને લંબની સામસામી દિશામાં રહે છે.

(૩) જો કિરણો પાતળા માધ્યમમાંથી ઘટ્ટ માધ્યમમાં દાખલ થાય તો આપાતકોણ વક્રીભૂતકોણ કરતાં મોટો થાય છે; અથવા વક્રીભૂતકિરણ લંબ તરફ વળે છે. જો કિરણ ઘટ્ટમાંથી પાતળા માધ્યમમાં જાય તો એથી ઊલટું આપાતકોણ વક્રીભૂતકોણ કરતાં નાનો થાય છે.

(૪) આપાતકોણ અને વક્રીભૂતકોણના સાઇનના ગુણોત્તરને વક્રીભવનાંક કહેવામાં આવે છે અને જ્યાં સુધી વસ્તુની ભૌતિક સ્થિતિ બદલાય નહિ ત્યાં સુધી વસ્તુનો વક્રીભવનાંક એકમૂલ્ય (constant) રહે છે.

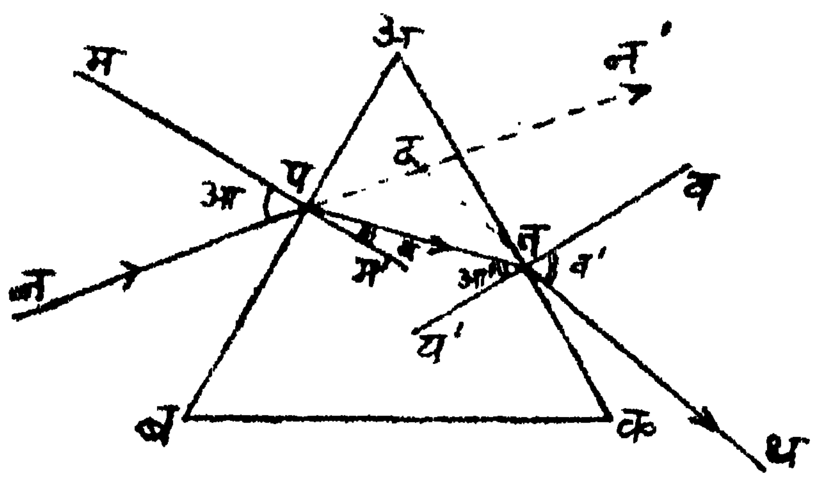
(૫) વક્રીભવનાંક માધ્યમની અંદરની પ્રકાશની ગતિ અને હવાની અંદરની પ્રકાશની ગતિનો ગુણોત્તર દર્શાવે છે.

૩. ત્રિપાર્શ્વ કાચમાંથી પ્રકાશનો માર્ગ
Path of light in a prism

જેનો પાયો અને ટોચ ત્રિકોણાકાર હોય અને ત્રણ ઊભી બાજુ ચોરસ અથવા લંબચોરસ હોય તેવા કાચને ત્રિપાર્શ્વ કાચ (prism) કહેવામાં આવે છે. હાંડી–ઝુમ્મરમાં પ્રકાશની અસરને રંગ બેરંગી દેખાડવા માટે આ કાચના તોરણો લટકાવવામાં આવે છે.

ધારો કે अबक એક ત્રિપાર્શ્વ કાચ (prism) છે (આકૃતિ ૧૮૬). એની अब બાજુ ઉપર नप કિરણ પડે છે, અને मपम લીટી अब ઉપર લંબ છે. એ કિરણ કાચમાં દાખલ થાય એટલે વક્રીભૂતકોણ व, આપાતકોણ आ કરતાં નાનો થાય છે, અને તેથી કાચમાં એ કિરણ पत તરફ જાય છે. त આગળ यतय' લંબ છે, એટલે કાચમાં पत આપાતકિરણ છે અને पतय' આપાતકોણ आ' થાય

આકૃતિ ૧૮૬



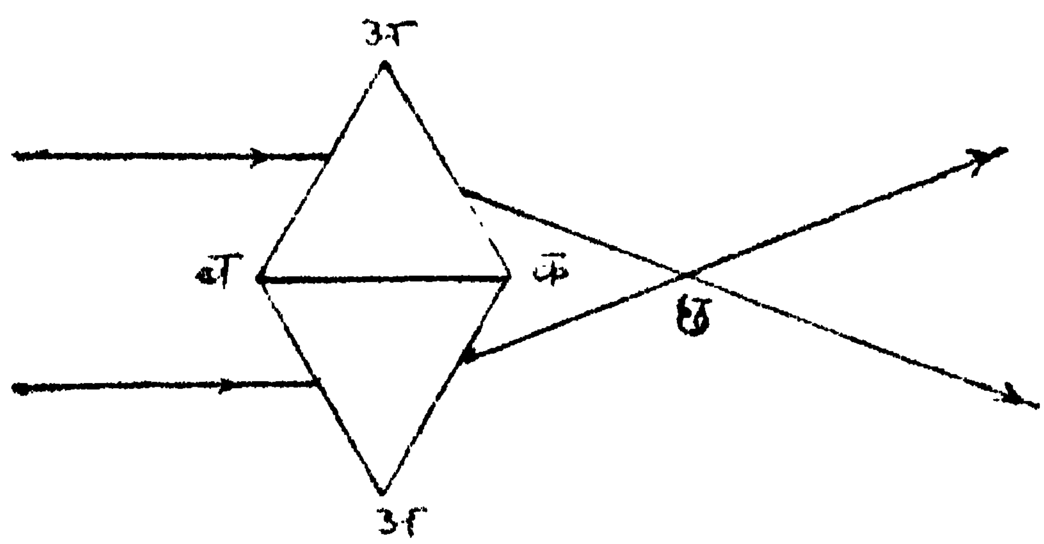
છે. હવે કિરણ ઘટ્ટમાંથી પાતળા માધ્યમમાં નીકળે છે અને तथ દિશામાં વક્રીભૂત થાય છે એટલે व' વક્રીભૂત કોણ, આપાતકોણ आ' કરતાં મોટો થાય છે. આમ नप કિરણ ત્રિપાર્શ્વ કાચમાં पत દિશામાં જાય છે અને બહાર આવી तथ દિશામાં વળે છે. જો ત્રિપાર્શ્વ કાચ નહિ હોય તો नप કિરણ न' તરફ ચાલ્યું જાત, પરંતુ એ કાચને લઈને તે तथ તરફ વળી જાય છે. આમ नन' કિરણ तथ તરફ વળવાથી (न' दथ) ખૂણો થાય છે, તેને ચલન-કોણ (angle of deviation) કહેવામાં આવે છે; કારણ કે नन' કીરણ એ ખૂણા જેટલું ચલાયમાન થયું છે, અને तथ તરફ ગયું છે. ત્રિપાર્શ્વ કાચ ઉપર આપાત થતું કિરણ જે ખૂણા તરફ જતું હોય તેનાથી સામી બાજુના પાયા તરફ વાંકુ વાળી બહાર નીકળે છે. नप કિરણ अ ખૂણા તરફ જાય છે એટલે વક્રીભૂતકિરણ बक પાયા તરફ વળે છે. આપાતકિરણ જેમ પાયાથી વધુ ઊંચે પડે છે તેમ તમ તેનો ચલનકોણ મોટો થાય છે, એટલે કે વક્રીભૂત કિરણ વધુ વળે છે.

આકૃતિ ૧૮૭



મોટરના દીવાના કિરણો આકૃતિ (૧૮૭) માં બતાવ્યા છે તેવા ત્રિપાર્શ્વ કાચમાંથી ડાબી બાજુથી પસાર થાય, ત્યારે એ સઘળાં કિરણો પાયા તરફ એટલે નીચાં વળે છે અને રસ્તા ઉપર સમાન્તર ન જતાં વાંકા વળી માત્ર રસ્તાની સપાટીને જ થોડે દૂર સુધી પ્રકાશિત કરે છે.

આકૃતિ ૧૮૮

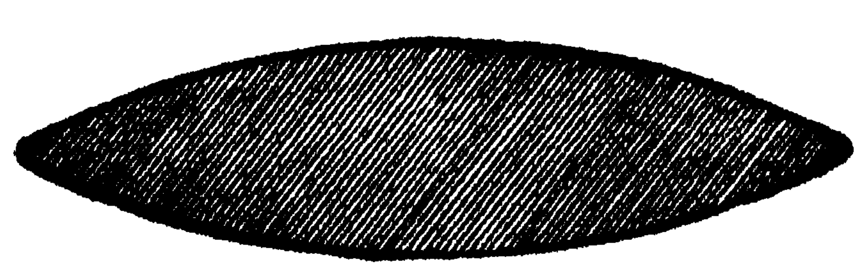


હવે ધારો કે આકૃતિ (૧૮૮) ની પેઠે બે ત્રિપાર્શ્વ કાચને બન્નેના પાયાને એકબીજાને અડાડીને રાખ્યા હોય અને એ બન્ને ઉપર એ સમાન્તર કિરણ પડે તો ઉપલા કાચ ઉપર પડતું કિરણ બક પાયા તરફ વળે છે અને નીચેના કાચ ઉપર પડતું કિરણ બક પાયા તરફ વળે છે અને છ આગળ એક બીજાને છેદે છે.

૪. બહિર્ગોળ કાચ (લેન્સ) Convex lens

આકૃતિ (૧૮૯) માં બતાવ્યા પ્રમાણેના વચ્ચેથી જાડા અને કિનારીએ પાતળા અને વર્તુલકાર સપાટીવાળા કાચને બહિર્ગોળ કાચ કહેવામાં આવે છે.

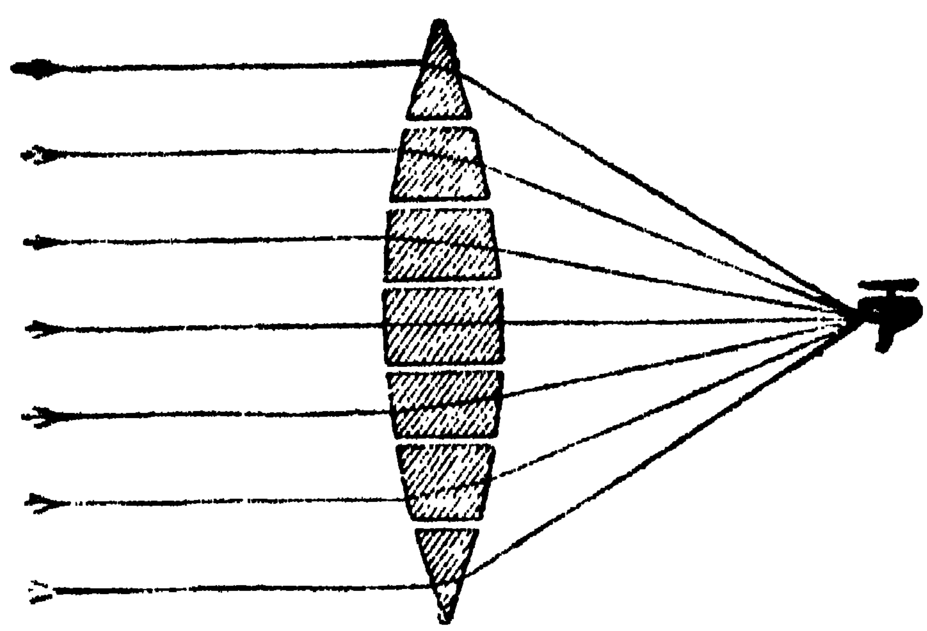
આકૃતિ ૧૮૯



બહિર્ગોળ કાચ (convex lens)

ચશ્માનો એકાદ બહિર્ગોળ કાચ (convex lens) લઈને તેમાંથી પ્રકાશનાં સમાન્તર કિરણો પસાર કરીએ તો એ સર્વ ક આગળ કેન્દ્રિત (focus) થશે; કારણ કે એ

આકૃતિ ૧૯૦



કાચને આકૃતિ (૧૯૦)માં જણાવ્યા પ્રમાણે નાના નાના ત્રિપાર્શ્વ કાચોનો બનેલો ગણી શકાય. એના ઉપલા ભાગ ઉપર પડતાં કિરણો પાયા તરફ વળે છે અને તેથી નીચે વક્રીભૂત થાય છે; અને નીચલા ભાગનાં કિરણો ઊંચી દિશામાં વક્રીભૂત થાય છે. મધ્યથી દૂરના કિરણો વચ્ચેના કિરણો કરતાં વધુ વાંકા વળે છે. અને તેથી સર્વ કિરણો ક આગળ મળે છે. સૂર્યનાં પ્રકાશમાં એવો એકાદ કાચ રાખતાં માલૂમ પડે છે કે સૂર્યનાં કિરણો એક બિંદુ આગળ કેન્દ્રિત (focus) થાય છે. ત્યાં એકાદ કાગળ અથવા સીગરેટ રાખી તેને સળગાવી શકાય છે. એ બિંદુ બહિર્ગોળ કાચનું કેન્દ્ર (focus) અથવા મૂખ્ય કેન્દ્ર (principal focus) કહેવાય છે.

૫. બહિર્ગોળ કાચમાં ઉત્પન્ન થતાં પ્રતિબિંબ

આકૃતિ (૧૯૧) વડે બહિર્ગોળ કાચમાં પ્રતિબિંબ કેમ ઉત્પન્ન થાય છે તે બતાવવામાં આવ્યું છે. બહિર્ગોળ કાચમાં અબ વ્યાસ કહેવાય છે, મ મધ્ય કહેવાય છે અને કમક' ધરી કહેવાય છે. કાચની બન્ને બાજુ મૂખ્ય કેન્દ્રો ક અને ક' સરખે અંતરે આવેલાં છે. યર વસ્તુ છે અને તથ તેનું પ્રતિબિંબ છે. તીર વડે કિરણોની દિશા બતાવેલી છે.

પ્રતિબિંબની રચના કરવામાં નીચેનાં બે સૂત્ર ધ્યાનમાં રાખવાના છે. એક કિરણ ધરીની સમાન્તર આવી કાચ ઉપર પડે તેા તે કાચમાં થઇને બીજી બાજુએ કેન્દ્રમાંથી પસાર થાય છે. જે કિરણેા કાચના મધ્યમાંથી પસાર થાય તે દીશામાં બદલાયા વીના સીધાં પસાર થઇ જાય છે અને બન્ને કિરણેા જ્યાં એકબીજાને છેદે છે ત્યાં વસ્તુના બિંદુનું પ્રતિબિંબ પડે છે.

આકૃતિ (૧૯૦) માં સમાન્તર કિરણેા વક્રીભવન થઇને क કેન્દ્ર (focus) આગળ પ્રતિબિંબ ઉત્પન્ન કરે છે. मक કેન્દ્ર-લંબાઇ (focal length) દર્શાવે છે અને વસ્તુની સામી બાજુ કેન્દ્ર હેાવાથી એની સંજ્ઞા (sign) અપસવ્ય (negative) છે. આકૃતિ (૧૯૧) માં यअ કિરણ ધરીની સમાન્તર હેાવાથી કાચ-માંથી પસાર થયા પછી કેન્દ્ર क માંથી પસાર થાય છે. यम કિરણ કાચના મધ્ય म માંથી પસાર થતું હેાવાથી તેજ દિશામાં સીધું પસાર થઇ જાય છે. એ બન્ને કિરણેા એકમેકને त આગળ છેદે છે એટલે य બિંદુનું પ્રતિબિંબ त આગળ રચાય છે. એજ પ્રમાણે આખી વસ્તુ यर નું પ્રતિબિંબ तथ આગળ રચાય છે.

આકૃતિ (૧૯૧ '૧') માં द અને ड બિંદુમાંના એક બિંદુ ઉપર વસ્તુ મૂકીએ તેા બીજા બિંદુ આગળ ઉલટું પ્રતિબિંબ પડે છે અને વસ્તુનું અને પ્રતિબિંબનું કદ સરખું છે. આ બે બિંદુ અરસપરસ બદલી શકાય તેમ છે, અને બન્ને બિંદુ કાચના મધ્ય म થી સરખે અંતરે આવેલાં છે. આટલા પૂરતું द ड બિંદુને દ્વિતીયકેન્દ્ર (secondary foci) કહેવામાં આવે

છે. એક દ્વિતીયકેન્દ્ર ઉપર વસ્તુ હોય તો તેનું સાચું પ્રતિબિંબ સામી બાજુને તેટલે જ અંતરે, તેટલા જ કદનું અને ઊલટું પડે છે.

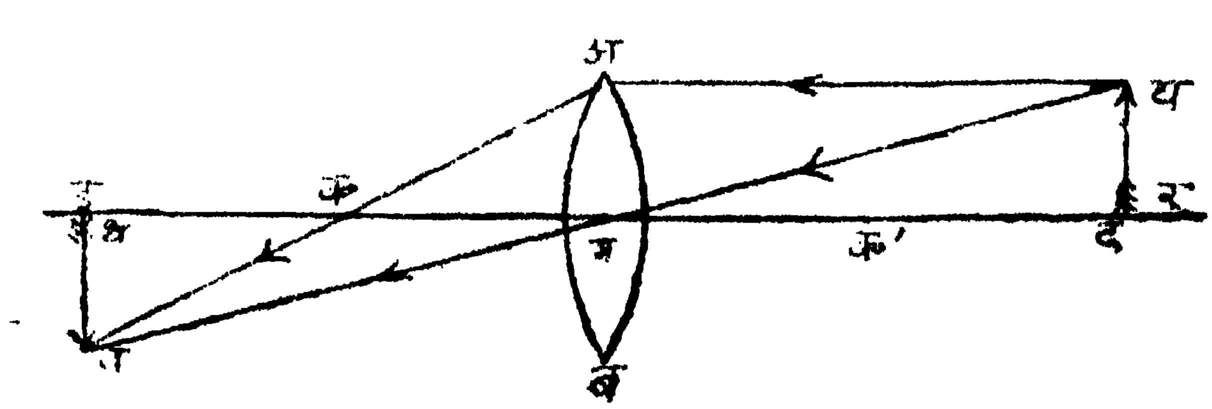
આકૃતિ (૧૯૧ '૨') માં વસ્તુ દ્વિતીયકેન્દ્રથી દૂર છે એટલે એનું પ્રતિબિંબ क અને ड ની વચ્ચે નાનું ઊલટું અને ખરૂં પડે છે.

આકૃતી (૧૯૧ '૩') માં વસ્તુ દ્વિતીયકેન્દ્ર અને કેન્દ્રની વચ્ચે છે અને પ્રતિબિંબ દ્વિતીયકેન્દ્ર ड થી દૂર, મોટું, ઉલટું અને ખરૂં છે.

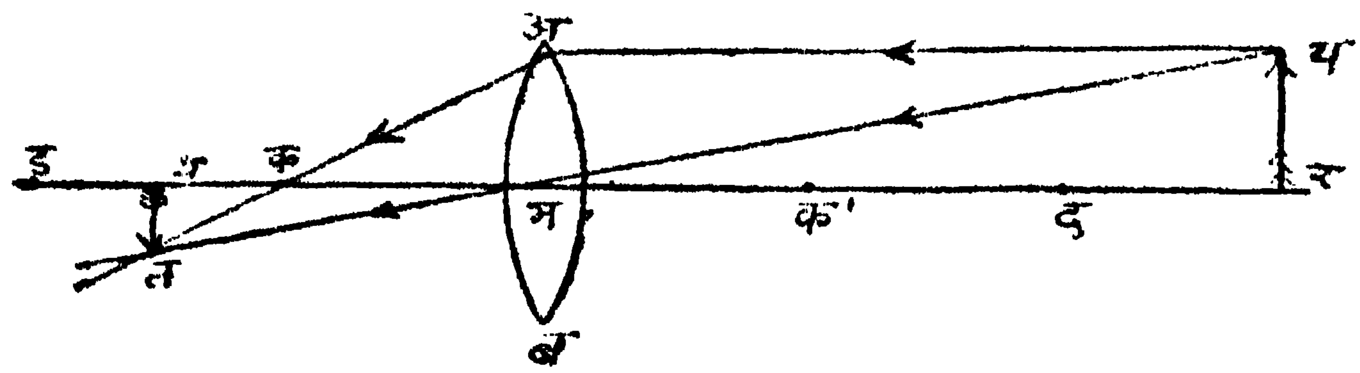
આકૃતિ (૧૯૧ '૪') માં વસ્તુ મુખ્ય કેન્દ્ર ઉપર છે અને પ્રતિબિંબ અતિ દૂર જાય છે; કારણ કે કિરણો સમાન્તર ચાલ્યા જાય છે.

આકૃતિ (૧૯૧ '૫') માં વસ્તુ કેન્દ્ર क' થી પણ નજીક રાખેલી છે, એટલે પ્રતિબિંબ સામી બાજુ પડતું નથી કારણ કે વક્રીભૂત કિરણો પહોળાં થાય છે; પરંતુ એ કિરણને પાછળ લંબાવીએ તો પ્રતિબિંબ (तथ) આગળ હોય એવો ભાસ થાય, એટલે પ્રતિબિંબ આભાસિત, મોટું, ઉલટું અને વસ્તુ જે બાજુ હોય તે જ બાજુએ હોય છે.

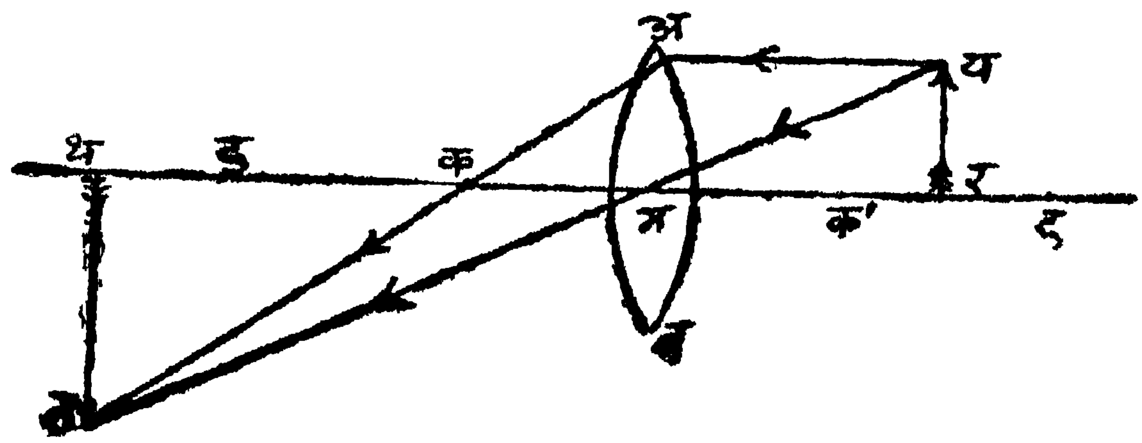
(૧) આકૃતિ ૧૯૧ (૧–૫)



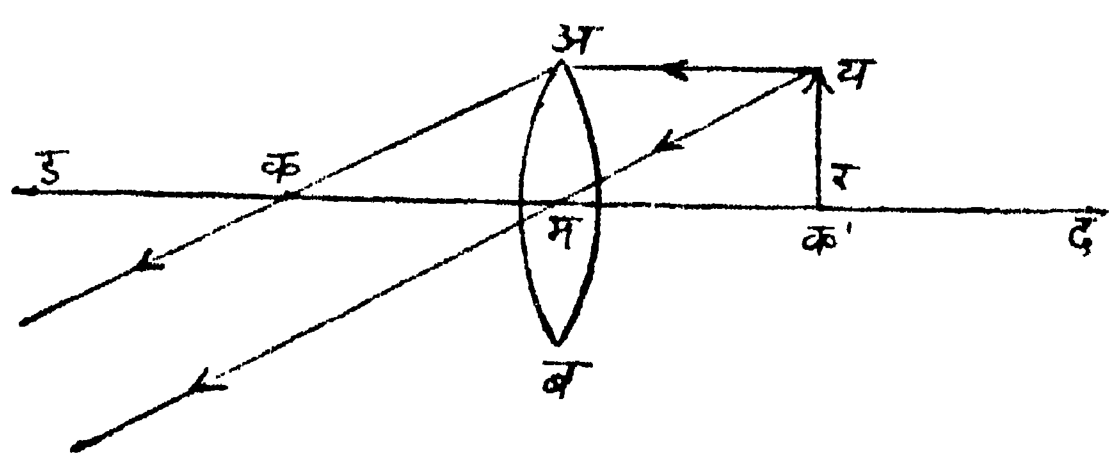
(२)



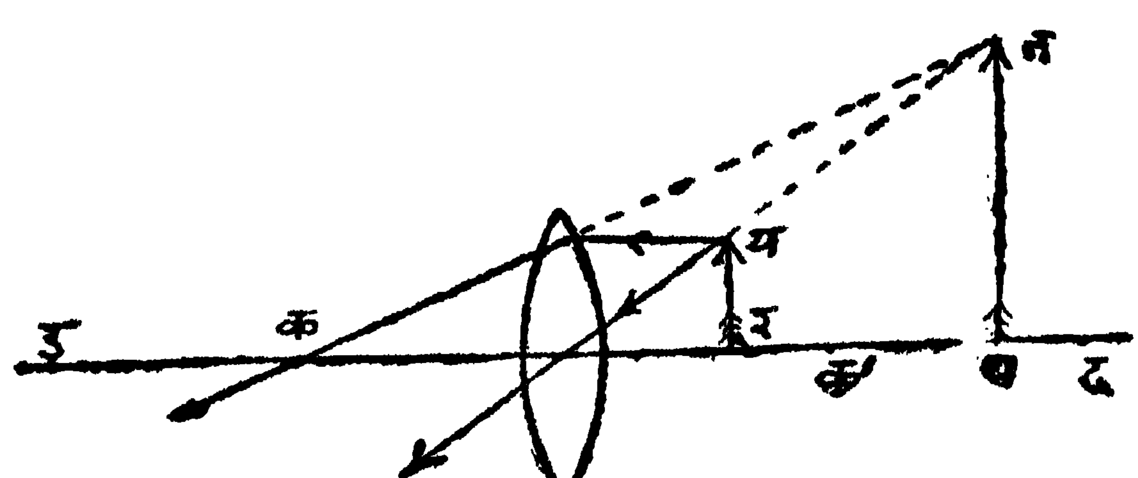
(३)



(४)



(५)



જુદા જુદા અંતરે વસ્તુને રાખવાથી પ્રતિબિંબ કેમ, કેવાં અને ક્યાં ઉત્પન્ન થાય છે એ નીચેના કોષ્ટકદ્વારા ટૂંકમાં બતાવ્યું છે.

આકૃતિ	વસ્તુનું સ્થાન	પ્રતિબિંબનું સ્થાન	પ્રતિબિંબનો પ્રકાર
૧. ૧૯૦	અતિ દૂર સમાન્તર કિરણો	કેન્દ્ર ઉપર	ઊલટું, ખરૂં અને નાનું
૨. ૧૯૧ '૧'	દ્વિતિયકેન્દ્રથી દૂર	સામી બાજુ, કેન્દ્ર અને દ્વિતીયકેન્દ્ર વચ્ચે	ઊલટું, ખરૂં, નાનું
૩. ,, '૨'	દ્વિતીયકેન્દ્ર ઉપર	સામી બાજુ, દ્વિતીયકેન્દ્ર ઉપર.	ઊલટું, ખરૂં, અને સરખું
૪. ,, '૩'	દ્વિતીયકેન્દ્ર અને કેન્દ્ર વચ્ચે	સામી બાજુ, દ્વિતીયકેન્દ્રથી દૂર	ઊલટું, ખરૂં, અને મોટું
૫. ,, '૪	કેન્દ્ર ઉપર	,, અતિ દૂર	અનિશ્ચિત
૬ ,, '૫'	કેન્દ્ર અને કાચની વચ્ચે	એજ બાજુ, વસ્તુથી દૂર	સુલટું આભાસિત અને મોટું

ઉપરના પ્રતિબિંબના આકાર, કદ અને સ્થળ વગેરેની તારવણી નીચેના પ્રયોગથી થઇ શકશે.

પ્રયોગ (૧) : એક બહિર્ગોળ કાચને સૂર્યના પ્રકાશમાં ધરો. બીજી બાજુ એક સફેદ કાગળ રાખી ધીમે ધીમે આમ તેમ ખસેડી એવી જગ્યાએ રાખો કે, જ્યાં તેની ઉપર સૂર્યનું સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ પડે. ત્યાં લાંબો વખત કાગળ રાખવાથી કાગળ બળતો જણાશે. કાચથી કાગળનું અંતર માપો. એ કાચની કેન્દ્રલંબાઇ (focus) બતાવે છે, એજ પ્રમાણે ઓરડામાં જઇ દૂરની એકાદ પ્રકાશિત વસ્તુનું સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ એક કાગળ ઉપર પાડો. પ્રતિબિંબનો આકાર, કદ અને સ્થળ નિયત કરો. ઉપરના કોઠામાં (૨) માં બતાવ્યા મુજબની નોંધની સાથે તમારાં અવલોકન સરખાવો.

(૨):—એક સળગતી મીણબત્તિને બહિર્ગોળ કાચની એક બાજુએ રાખો અને બીજી બાજુએ એક સફેદ કાગળને એટલાં અંતરે રાખો કે જેથી તેના ઉપર મીણબત્તિની જ્યોતનું સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ પડે. મીણબત્તિનું કાચથી અંતર અનુક્રમે નીચે પ્રમાણે રાખો. કેન્દ્રલંબાઇથી ત્રણગણા અંતરે, દ્વિતિયકેન્દ્ર અને કેન્દ્રની વચ્ચે કેન્દ્ર ઉપર, અને કેન્દ્ર અને કાચની વચ્ચે. દરેક વખતે મીણબત્તિનું અને પ્રતિબિંબનું કાચથી અંતર નોંધો અને પ્રતિબિંબના પ્રકાર, સ્થળ અને કદની નોંધ કરો. છેલ્લી વખતે કાગળના પડદા ઉપર પ્રતિબિંબ પડે છે કે ? તમારાં અવલોકન ઉપરના કોઠાની નોંધ (૨), (૩), (૪), (૫) અને (૬) સાથે સરખાવો.

જો મીણબત્તિનું કાચથી અંતર अ હોય, व પ્રતિબિંબનું અંતર હોય અને क કેન્દ્ર લંબાઇ હોય તો તમારાં અવલોકન નીચે પ્રમાણે નોંધી ગણતરી કરો.

अ	व	$\frac{१}{-ब)} - \frac{१}{अ}$	$\frac{१}{(-क)}$

ઉપરના કોઠાના ત્રીજા અને ચોથા ખાનાની ગણતરીના પરિણામો સરખાં આવે છે. अ અંતરને સવ્ય (positive) લેવામાં આવે છે, અને ब અને क કાચથી વસ્તુની સામી બાજુએ હોવાથી અપસવ્ય સંજ્ઞા (negative sign) સાથે મૂકેલાં છે. માત્ર વસ્તુ જ્યારે કેન્દ્ર અને કાચની વચ્ચે હોય ત્યારેજ ब ને સવ્ય લેવું પડે છે, કારણ કે પ્રતિબિંબ તેજ બાજુએ હોય છે.

૬. બહિર્ગોળ કાચમાં વસ્તુ અને પ્રતિબિંબના અંતરનો નિયમ

જેમ આરસા માટે વસ્તુનું અંતર (अ), પ્રતિબિંબનું અંતર (ब) અને કેન્દ્રલંબાઈનો (क) સંબંધ એક નિયમ વડે દર્શાવવામાં આવે છે, તેમ વક્રકાચ (lens) માં પણ તેવોજ નિયમ લાગુ પડે છે. એ નિયમ અંતર્ગોળ અને બહિર્ગોળ કાચ બન્નેને લાગુ પડે છે.

$$\frac{૧}{ब} - \frac{૧}{अ} = \frac{૧}{क}$$

જેમાં अ = કાચના મધ્યથી વસ્તુનું અંતર
ब = ,, ,, પ્રતિબિંબનું અંતર
क = ,, ,, કેન્દ્રલંબાઈ

આમાં પણ જ્યારે अ, ब અથવા क ના મૂલ્ય મૂકી ગણતરી કરવી હોય ત્યારે સંજ્ઞા (sign)ને ધ્યાનમાં લેવી પડે છે. વસ્તુનું અંતર હમેશાં (+) છે અને કાચથી વસ્તુ તરફનાં બધાં અંતર (+) આવશે જ્યારે બીજી બાજુના અંતર (–) થશે. બહિર્ગોળ કાચમાં क અપસવ્ય (–) (negative) છે, અને ब પણ (–) (negative) છે, માત્ર જ્યારે अ < क હોય ત્યારે જ ब (+) (positive) છે.

૭. અંતર્ગોળ કાચ (લેન્સ) Concave lens

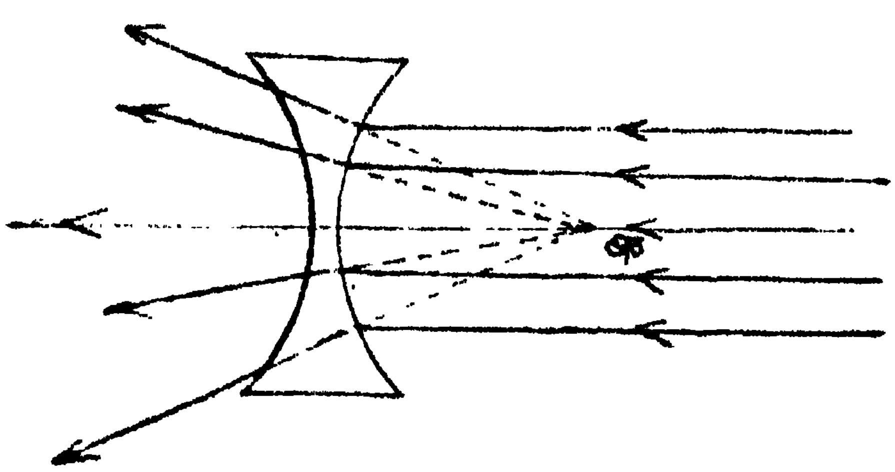
અંતર્ગોળ કાચ વચમાં પાતળો હોય છે અને કોર ઉપર જાડો હોય છે. ટૂંકી દૃષ્ટિવાળા માણસોને ચશ્માંમાં એ કાચ વાપરવો પડે છે. અંતર્ગોળ કાચને પણ નાના નાના ત્રિપાર્શ્વ કાચથી બનેલો હોય એમ આપણે ધારી શકીએ છીએ. એની ઉપર સમાન્તર કિરણો પડે તે બીજી બાજુએ

આકૃતિ ૧૯૨

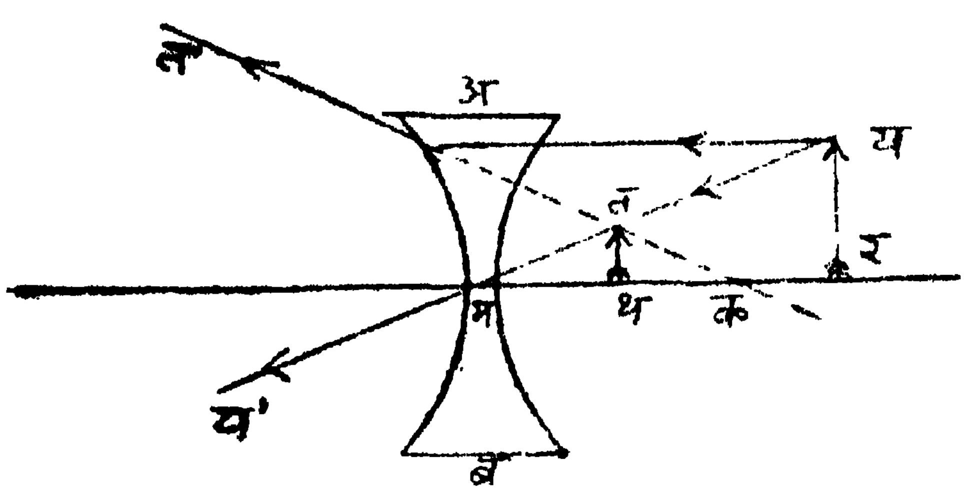


અંતર્ગોળ કાચ (concave lens)

આકૃતિ ૧૯૩



આકૃતિ ૧૯૪



બહાર નીકળી ત્રિપાર્શ્વના પાયા તરફ વળે છે; એટલે બધાં કિરણો એકમેકથી દૂર જાય છે અને તેથી સાચું પ્રતિબિંબ રચાતું નથી આકૃતિ (૧૯૩). આપણે એ દિશામાં જોઇએ તો એ કિરણો કાચની સામી બાજુએ (क) બિન્દુમાંથી આવતાં હોય તેમ લાગે છે. આથી क એ કાચનું કેન્દ્ર (focus) કહેવાય છે. હમેશાં આ કાચ વડે આભાસિત, સુલટું અને નાનું પ્રતિબિંબ જે બાજુએ વસ્તુ મૂકી હોય તે બાજુએ જ રચાય છે. એટલે अ, ब અને क ત્રણે સવ્ય છે. આકૃતિ (૧૯૪)માં વસ્તુની ટોચમાંથી यअ કિરણ ધરીની સમાન્તર જાય છે; એ अत' દિશામાં જાય છે અને એને પાછળ લંબાવીએ તો क માંથી પસાર થાય છે; यम કિરણ કાચના મધ્યમાંથી સીધું પસાર થાય છે. અને यय'

દિશામાં જાય છે. એ બન્ને કિરણુ ત આગળ છેદતાં હોય તેમ લાગે છે. એટલે ચર વસ્તુનું પ્રતિબિંબ તથ આગળ રચાયેલું હોય તેમ ભાસે છે. તે હમેશાં વસ્તુના કરતાં નાનું, વસ્તુના અંતર કરતાં નજીક, આભાસિત, સુલટું અને વસ્તુ જે બાજુએ હોય તેજ બાજુએ હોય છે.

આવા કારણુને લીધે અંતર્ગોળ કાચમાંથી જોઇએ તેા દરેક વસ્તુ નાનીજ લાગે છે.

૮. બહિર્ગોળ અને અંતર્ગોળ કાચ કેમ પારખવેા ?

તમને બે કાચ આપ્યા હોય અને તેમાંથી બહિર્ગોળ અને અંતર્ગોળ કયેા એ પારખવું હોય તેા ત્રણુ રીતે પારખી શકાય છે. (૧) હાથ વડે જોતાં વચ્ચેનેા ભાગ ઉપસેલેા જણાય તેા તે કાચ (lens) બહિર્ગોળ (convex) છે અને પાતળેા હોય તેા અંતર્ગોળ (concave) છે, એમ જાણી શકાય છે; (૨) પરંતુ ઘણીવાર એ ફેર લક્ષમાં આવે તેવડેા હોતેા નથી એટલે બન્ને કાચને આંખથી દૂર રાખી અંદરથી દૂરની વસ્તુ જોશેા તેા માલૂમ પડશે કે બહિર્ગોળ કાચમાંથી દૂરની વસ્તુનું પ્રતિબિંબ ઉલટું અને નાનું દેખાશે અને અંતર્ગોળ કાચમાંથી દૂરની વસ્તુની પ્રતિબિંબ નાનું પણ સુલટું દેખાય છે; (૩) જો બન્ને કાચની ઘણી નજીક એક વસ્તુ (કેન્દ્ર-લંબાઇ નજીક) રાખીએ તેા બહિર્ગોળ કાચમાંથી એ વસ્તુ મેાટી અને સુલટી દેખાશે અને અંતર્ગોળમાંથી નાની અને સુલટી દેખાશે; અને (૪) બહિર્ગોળ કાચ વડે એક કાગળ ઉપર દૂરની વસ્તુનું પ્રતિબિંબ પાડી શકાશે પરંતુ અંતર્ગોળ કાચથી પ્રતિબિંબ પડશે નહિં.

૯. લેન્સ વડે પડતાં પ્રતિબિંબનું કદ

આકૃતિ (૧૯૦'૧' અને ૧૯૩) માં વસ્તુ અને પ્રતિબિંબનું કદ બતાવેલું છે. યરમ અને મતથ ત્રિકોણને સરખાવીએ તો તે બન્ને સમકોણ ત્રિકોણ છે એટલે

$$\frac{\text{य र}}{\text{त थ}} = \frac{\text{म र}}{\text{म थ}}$$

અથવા

$$\frac{\text{વસ્તુનું કદ}}{\text{પ્રતિબિંબનું કદ}} = \frac{\text{अ}}{\text{ब}} = \frac{\text{વસ્તુનું અંતર}}{\text{પ્રતિબિંબનું અંતર}}$$

૧૦. વિપુલદર્શક કાચ તરીકે બહિર્ગોળ કાચનો ઉપયોગ Use of convex lens as a magnifying glass

બહિર્ગોળ કાચની આકૃતી (૧૯૦'૫') જોતાં આપણને માલૂમ પડે છે કે વસ્તુને કેન્દ્રથી નજીક લાવીએ ત્યારે પ્રતિબિંબ એજ બાજુએ વધારે અંતરે, વિપૂલ (મોટું) અને સુલટું દેખાય છે. આથી બહિર્ગોળ કાચનો વિપૂલદર્શક તરીકે ઉપયોગ થાય છે. ઘણું બારીક લખાણ વાંચવું હોય, હાથની બારીક રેખાઓ જોવી હોય અથવા ઘડિયાળના બારીક સ્ક્રૂ અને ચક્રને જોવા હોય અથવા સાધારણ ઝીણી વસ્તુને મોટા સ્વરૂપે જોવી હોય તો તે વસ્તુને બહિર્ગોળ કાચના કેન્દ્રથી નજીક લાવીને જોવાથી મોટી થયેલી દેખાશે.

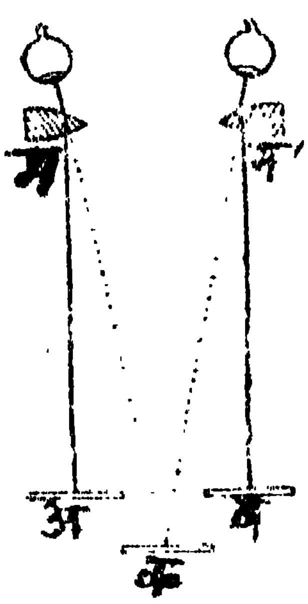
ડૉકટરના થર્મોમિટરમાં બરાબર ઉપરથી જોતાં અંદરના પારાની દોરી (mercury thread)ની જાડાઈ વિપૂલ (magnified) થયેલી લાગે છે. થર્મોમીટરનો ઉપરનો કાચ બહિર્ગોળ કાચ (convex lens) જેવો છે અને પારો એની પાછળ એકદમ

નજીક એટલે કે કેન્દ્રથી પણ નજીક હોવાથી વિપૂલ થયેલો લાગે છે. આથી નળીમાંના પારાની બહુ પાતળી દોરી જાડી થયેલી દેખાય છે અને થર્મોમિટર ઉપર ટેમ્પરેચર સ્પષ્ટ રીતે વાંચી શકાય છે.

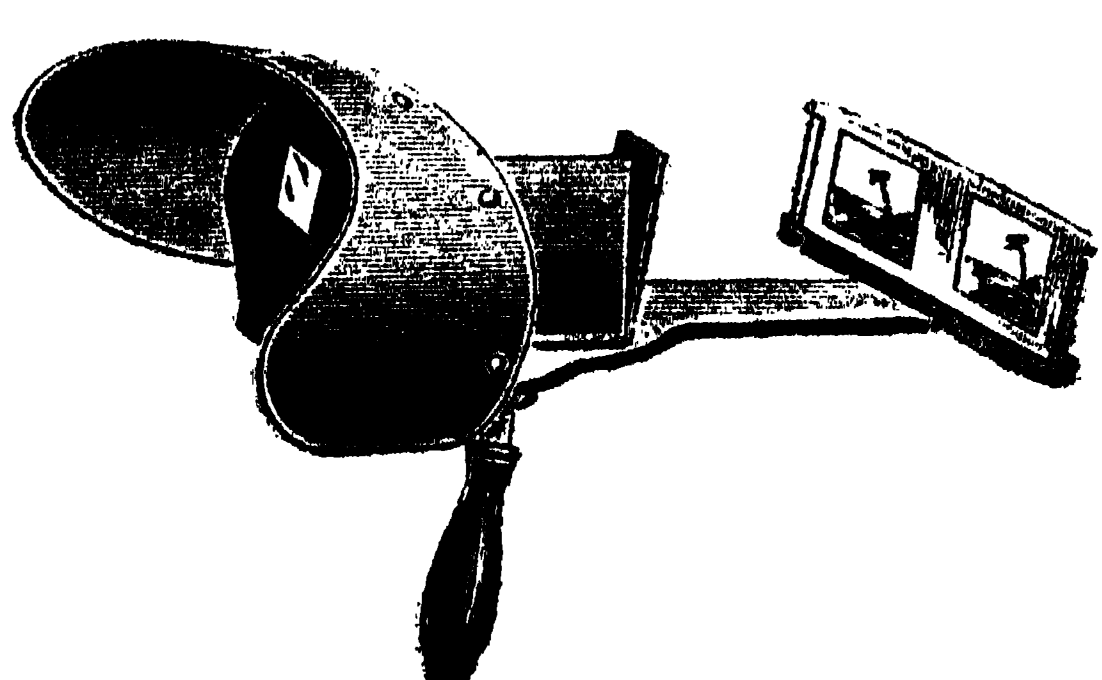
૧૧. સ્ટિરિયોસ્કોપ (ઘનદર્શક) Stereoscope

આપણે એકાદ વસ્તુને બન્ને આંખ વડે જોઇએ છીએ ત્યારે બન્ને આંખમાં પડતાં પ્રતિબિંબમાં સહેજ ફેર હોય છે, કારણ કે બન્ને આંખો એક જ વસ્તુને સહેજ જુદા કોણમાંથી જુએ છે. આ રીતે એ જુદા ખૂણાથી ઉત્પન્ન થયેલાં પ્રતિબિંબને લીધે આપણે વસ્તુને તેની ખરેખરી ઘન અવસ્થામાં જોઈ શકીએ છીએ. એક વસ્તુનો ફોટો લઇએ અને તેને જોઇએ તો એ ઘન અવસ્થામાં દેખાય છે તેવો દેખાતો નથી, કારણ કે એ ફોટો એક જ દિશામાંથી લીધેલો હોય છે. ધારો કે એક કૅમેરા વડે એક વસ્તુના બે જુદા કોણ-

આકૃતિ ૧૯૫



આકૃતિ ૧૯૬



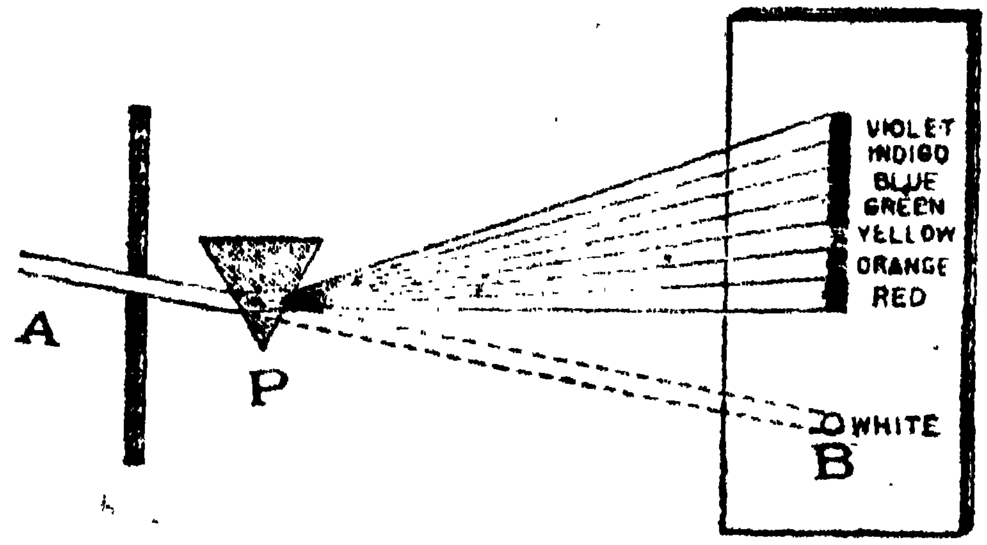
સ્ટિરિયોસ્કોપ

માંથી ચિત્ર લીધાં હોય તો આ બન્નેના દેખાવમાં પણ સહેજ ફેર પડશે. હવે એ બે ચિત્રોને આપણુ એકી સાથે બન્ને આંખ વડે જોઇએ તો વસ્તુના ચિત્રનો દેખાવ સાદો સપાટ ન લાગતાં ઘન લાગશે. બન્ને ચિત્રોને એવી રીતે મૂકવાં જોઇએ કે તેથી આપણુ એકજ વસ્તુને જોતા હોઇએ તેમ લાગે. આમ કરવા માટે આકૃતિ (૧૯૫) માં બતાવ્યા મુજબ अ અને ब ચિત્ર મૂકેલાં છે; એને બન્ને આંખથી સીધાં ન જોતાં म અને म' જેવાં ત્રિપાર્શ્વ કાચ વડે જોવામાં આવે છે. આથી अ ચિત્રમાંથી નીકળતાં કિરણો વક્રીભુત થઇને જાણે क માંથી આવતાં હોય તેમ લાગે છે અને ब માંથી નીકળતાં કિરણો પણ क માંથી આવતાં હોય તેમ લાગે છે. આ રીતે બન્ને આંખો જાણે એક જ જગ્યાએ જોતી હોય એવો ભાસ થાય છે અને બન્ને ચીત્રો જુદા દૃષ્ટિકોણથી લીધેલાં હોવાથી પ્રતિબિંબ ઘન અવસ્થામાં દેખાય છે. ખરેખરૂં સ્ટિરિઓસ્કોપ આકૃતિ (૧૯૬) માં બતાવ્યું છે.

૧૨. રંગપટ Spectrum એકાદ પાતળી ચીજને ત્રિપાર્શ્વ કાચમાંથી જોઇએ તો માલૂમ પડશે કે અંદરથી દેખાતું પ્રતિબિંબ અનેકરંગી હોય છે. એવી જ જાતના રંગો મેઘધનુષમાં પણ દેખાય છે. એક સાદા પણ ઐતિહાસિક પ્રયોગ વડે સર આઇઝેક ન્યુટને પ્રથમ બતાવ્યું હતું કે સફેદ પ્રકાશ એ સાત જુદા જુદા રંગના પ્રકારનું મિશ્રણ છે. એ પ્રયોગ સાદી રીતે નીચે પ્રમાણે થઇ શકે છે.

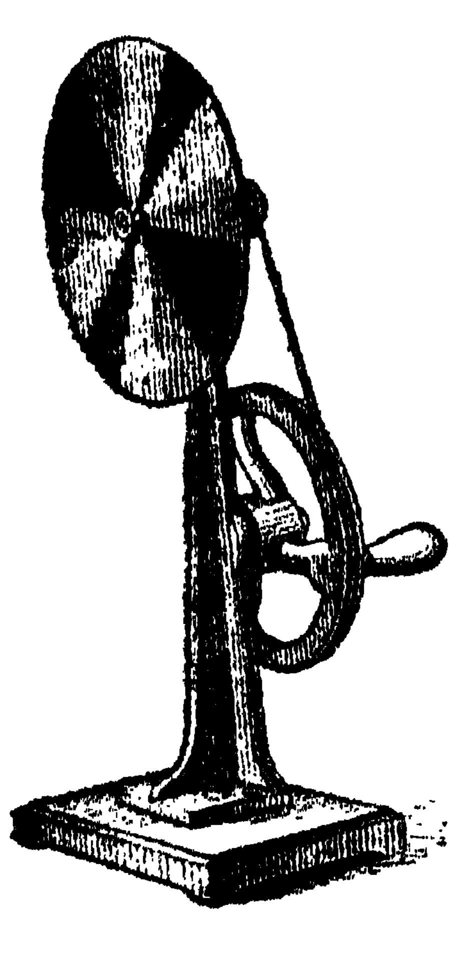
એક અંધારા ઓરડાની દીવાલમાંની એક નાની ફાટમાંથી પ્રકાશનું પાતળું કિરણ દાખલ કરો અને પ્રકાશને એક ત્રિપાર્શ્વ

આકૃતિ ૧૯૭.



કાચમાંથી આકૃતિમાં (૧૯૭) બતાવ્યા પ્રમાણે પસાર કરી સામેની દીવાલ ઉપર પડવા દો. સફેદ પ્રકાશનું કિરણ સાત રંગમાં વહેંચાઇ જશે. એક છેડે રાતો અને બીજે છેડે જાંબલી પ્રકાશ પડે છે. રાતો પ્રકાશ ઓછો વક્રીભૂત થાય છે અને જાંબલી વધુ વક્રીભૂત થશે. એ ઉપરથી સ્પષ્ટ સમજાય છે કે સફેદ પ્રકાશ સાત રંગનો બનેલો હોય છે. આટલાથી સંતોષ ન પામતાં સાત રંગને પાછા ભેગા કરવાથી સફેદ પ્રકાશ ઉત્પન્ન થાય છે એ ન્યુટને પૂરવાર કર્યું છે.

આકૃતિ ૧૯૮



ન્યુટનનું ચક્ર

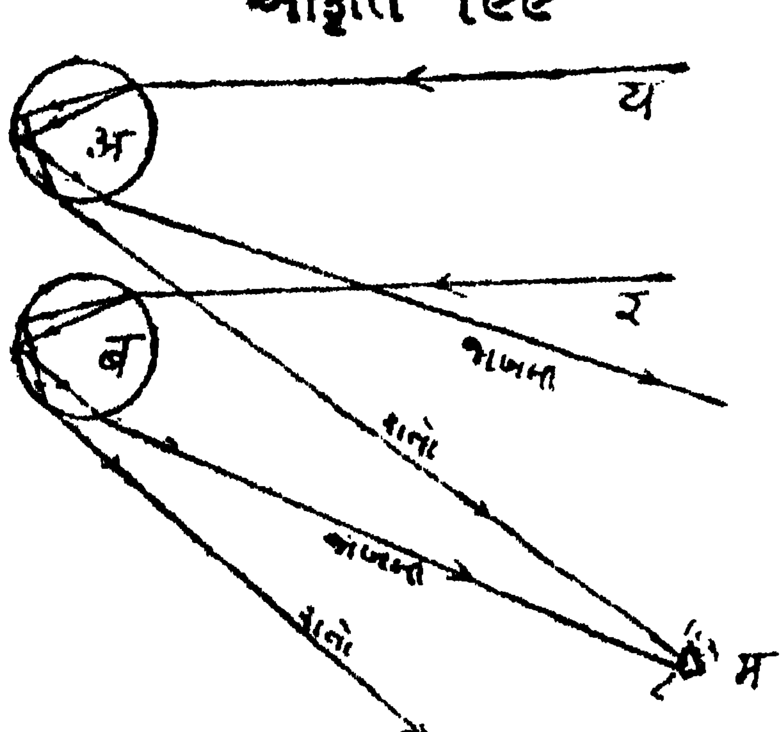
એક ગોળ જાડા કાગળનું કપાટિયું લઇને તેના ઉપર પ્રમાણુસરનાં સાત જુદા-જુદા રંગના કાગળ ચોઢી ઝડપથી ગોળ ફેરવશો તો માલૂમ પડશે કે એ કપાટિયું ઝાંખા સફેદ રંગનું દેખાય છે (આકૃતિ ૧૯૮). આ જાતના સાત રંગવાળાં કપાટિયાંના ચક્રને ન્યુટનનું ચક્ર (Newtons disc) કહેવામાં આવે છે. ઉપરની આકૃતિ (૧૯૬) માં બતાવ્યાં પ્રમાણે એક પ્રકાશના કિરણને સાત રંગમાં વહેંચી દેવાથી જે પ્રકાશનો પટ ઉત્પન્ન થાય છે તેને રંગપટ (spectrum)

કહેવામાં આવે છે. રંગપટ ઉત્પન્ન થવાનું કારણ એ કે દરેક રંગના કિરણો એક સરખાં વક્રીભૂત (refract) થતાં નથી. રાતાં કિરણ ઓછાં વક્રીભૂત થાય છે અને જાંબલી વિશેષ વક્રીભૂત થાય છે. એ સાત રંગો અનુક્રમે નીચે પ્રમાણે છે:—

રાતો, નારંગી, પીળો, લીલો, ભૂરો, નીલો અને જાંબલી (red, orange, yellow, green, blue, indigo, and violet)

૧૩. મેઘધનુષ્ય Rainbow આકાશમાં સાંઝે અથવા સવારે સૂર્યની સામી બાજુએ વાદળાં હોય અને તેમના ઉપર સૂર્યનાં કિરણો પડે તો ઘણે ભાગે મેઘધનુષ્ય જોવાનું મળે છે. એનું કારણ પણ સફેદ પ્રકાશનાં કિરણ જુદા જુદા કોણમાં વક્રીભૂત થાય તે જ છે. મેઘધનુષ્ય જોવા માટે આપણે સૂર્ય તરફ પીઠ કરીને ઉભા રહેવું પડે છે. વાદળામાં પાણીના સાધારણ મોટાં બિંદુ બંધાય, ત્યારે જ પ્રકાશના કિરણોનું વક્રીભવન થઇ શકે છે. આમ પાણીના બિંદુમાંથી વક્રીભૂત થયેલું સફેદ કિરણ સાત રંગમાં વહેંચાઇ જુદી જુદી દિશામાં જાય છે. આથી એક દિશામાં આવેલાં બિંદુમાંથી એક જ જાતનો રંગ દેખાશે અને એ બિંદુથી નીચે અથવા ઉપરના બિંદુમાંથી જુદા રંગનો પ્રકાશ આવશે.

આકૃતિ ૧૯૯



ધારો કે य અને र જેવાં પ્રકાશનાં કિરણો સૂર્યમાંથી આવીને अ અને ब ની વચ્ચેના બિંદુઓ ઉપર પડે છે આકૃતિ (૧૯૯). अ બિંદુ ઉપર પડતું

કિરણુ તેમાં અંદર દાખલ થઇ સાત રંગમાં વિભક્ત થાય છે અને સામી બાજુએ જતાં તેનું પરાવર્તન થાય છે. એ પરાવર્ત થયેલાં કિરણેા નીચેના ભાગમાંથી ફરીથી વક્રીભૂત થઇને નીકળે છે. જાંબલી કિરણુ ઊંચે વક્રીભૂત થાય છે અને રાતું કિરણુ નીચે આવે છે. એ બન્ને કિરણુ વચ્ચે બીજાં કિરણેા હેાય છે. व બિંદુમાં પણ એ જ પ્રમાણે પ્રકાશ સાત રંગમાં વિભક્ત થઇને નીકળે છે. ज માંથી નીકળતું રાતું કિરણુ અને व માંથી નીકળતું જાબંલી કિરણુ म આગળ એક માણસની આંખમાં દાખલ થાય છે. अ અને व ની વચ્ચેના બિંદુમાંથી નીકળતાં કિરણેામાંથી જુદાં જુદાં કિરણેા રંગપટના અનુક્રમમાં માણુસની આંખમાં પડે છે. આથી આખા રંગ-પટના જેવું દૃશ્ય લાગે છે. માણુસની આંખ (horizon) થી એકસરખા ખૂણે આવેલાં બિંદુએા પણ એ જ પ્રમાણે પ્રકાશના કિરણેાને વક્રીભુત કરે છે અને વર્તુલાકાર (ધનુષ્યાકાર) રંગપટ દેખાય છે. કેટલીકવાર એકને બદલે બેવડું મેઘધનુષ્ય દેખાય છે. તેનું કારણુ એ હેાય છે કે વધુ ઊંચાઇના બિંદુમાં સૂર્યના કિરણેા બિંદુના નીચેના ભાગમાંથી દાખલ થાય છે. અને અંદર બે વખત પરાવર્ત (reflect) થઇને પછી પાછાં વક્રીભૂત થઇને ઉપરથી બહાર નીકળે છે. આમ બે વખત પરાવર્તન થવાથી પ્રકાશના રંગનેા ક્રમ ઉલટેા થઇ જાય છે અને એ ઉપલા મેઘધનુષ્યમાં રાતેા પ્રકાશ નીચે દેખાય છે અને જાંબલી પ્રકાશ ઊંચે દેખાય છે.

૧૪. વસ્તુના રંગ સૃષ્ટિમાં નજરે પડતી જુદી જુદી વસ્તુના રંગ જુદા જુદા હેાય છે. એ સર્વ રંગેા ઉપરના રંગપટમાંના સાત રંગના મિશ્રણુથી ઉત્પન્ન

થઇ શકે છે. આમ છતાં આપણે જાણીએ છીએ કે જુદા જુદા પ્રકાશમાં એક વસ્તુનો રંગ તેનો તેજ રહેતો નથી. સૂર્યના પ્રકાશમાં દરેક રંગો હોવાથી રાતી વસ્તુ રાતાં કિરણો પરાવર્ત કરે છે અને બીજાં કિરણો શોષી લે છે. અને લીલી વસ્તુ લીલાં કિરણો પરાવર્ત કરે છે અને બીજાં શોષી લે છે. કાળી વસ્તુ બધાં કિરણો શોષી લે છે અને સફેદ વસ્તુ બધાં કિરણો પરાવર્ત કરે છે. રાતી વસ્તુ રાતા પ્રકાશમાં રાતી દેખાય છે, પરંતુ બીજા પ્રકાશમાં ધરીએ તો કાળી દેખાય છે; કારણ કે તે બીજાં કિરણોને શોષી લે છે. આજ કારણથી વિજળીના દીવામાં અને બીજાં પ્રકાશમાં વસ્તુના રંગમાં ફેરફાર લાગે છે.

સાર

૧. એક માધ્યમમાંથી બીજાં માધ્યમમાં પ્રકાશનું કિરણ ત્રાંસુ દાખલ થાય ત્યારે સપાટી આગળ તે તેના માર્ગની દિશા બદલે છે. એ ઘટનાને વક્રીભવન કહેવામાં આવે છે. આજ કારણથી પાણીમાં દાખલ કરેલી ત્રાંસી લાકડી સપાટી આગળ વળેલી લાગે છે અને પાણીમાં રહેલાં વાસણનું તળિયું ઊંચું આવેલું લાગે છે.

૨. બે સપાટી આગળ પ્રકાશના આપાતબિંદુ ઉપર લંબ દોરી આપાતકોણ અને વક્રીભૂતકોણ માપવાથી વક્રીભવનના નિયમો પૂરવાર થાય છે.

(૧) આપાતકિરણ, લંબ અને વક્રીભૂતકિરણ એકજ સપાટીમાં હોય છે, અને લંબની સામસામી બાજુએ હોય છે.

(૨) આપાતકિરણના સાઇનનો વક્રીભૂતકિરણની સાઇન જોડેનો ગુણોત્તર લઇએ તેને વક્રીભવન કહેવામાં આવે છે અને તે બે માધ્યમને માટે એકમૂલ્ય રહે છે.

(૩) ઓછાં ઘટ્ટ માધ્યમમાંથી એક કિરણ વધુ ઘટ્ટ માધ્યમમાં દાખલ થાય, ત્યારે તે કિરણ લંબ તરફ વળે છે; એથી ઊલટું હોય તો ઊલટું.

૩. ત્રિપાર્શ્વ કાચમાંથી કિરણ પસાર થાય તે પાયા તરફ વળે છે અને આપાતકિરણ અને નિર્ગમન કિરણની વચ્ચેના ખૂણાને ચલનકોણ (angle of deviation) કહેવામાં આવે છે.

૪. બહિર્ગોળ કાચ (convex lens) વચ્ચેથી જાડો અને અણીએ પાતળો હોય છે. તેના વડે પ્રતિબિંબ ક્યાં ઉત્પન્ન થાય તે ફકરા (૫) ના કોષ્ટકમાં બનાવ્યું છે. એના વડે કિરણો કેન્દ્રાભિસારી (converging) થાય છે.

અંતર્ગોળ કાચ (concave lens) વચ્ચેથી પાતળો અને અણીએ જાડો હોય છે. એના વડે કિરણો કેન્દ્રાપસારી (diverging) થાય છે.

વસ્તુનું અંતર (अ), પ્રતિબિંબનું અંતર (व) અને કેન્દ્રલંબાઈ (क) હોય તો તેમનો સંબંધ નીચે પ્રમાણે છે.

$$\frac{१}{\text{व}} - \frac{१}{\text{अ}} = \frac{१}{\text{क}}$$

એમાં મૂલ્ય મૂકી ગણતરી કરવી હોય ત્યારે ધ્યાનમાં રાખવું કે વસ્તુની સામી બાજુ અંતર લઈએ તે (–) અપસવ્ય છે. બહિર્ગોળ કાચમાં व અને क ના મુલ્ય (–) હોય છે, માત્ર अ < क હોય ત્યારેજ व (+) હોય છે. અંતર્ગોળ કાચમાં દરેક અંતર (+) છે.

૫. બહિર્ગોળ કાચના કેન્દ્રથી નજીક વસ્તુ રાખીને જોઈએ તો તે વિપૂલ થયેલી દેખાય છે. સ્ટિરિયોસ્કોપમાં બે જુદી દિશામાંથી લીધેલાં ચિત્રો હોય છે અને દરેક આંખે જોવાય છે. પરંતુ ત્રિપાર્શ્વ વડે બન્ને ચિત્ર એકજ હોય તેમ દેખાય છે; એટલે ચિત્ર ઘન દેખાય છે. સૂર્ય પીઠ પાછળ હોય અને

સામે વરસાદના વાદળ હોય, ત્યારે મેઘધનુષ દેખાય છે. મૂખ્ય મેઘધનુષમાં રાતાં કિરણ ઊંચે હોય છે અને જાંબલી નીચે હોય છે. પાણીના બિંદુમાં વક્રીભવન થઇ આંતરિક પરાવર્તનથી કિરણો સાતરંગમાં વિભક્ત થઇ જોનાર તરફ પાછાં આવે છે અને મેઘધનુષ્ય રચે છે.

મૂખ્ય મેઘધનુષ્ય ઉપર બીજું ગૌણ મેઘનુષ્ય પણ હોય છે. એમાં રંગો ઊલટા હોય છે.

૬. જે રંગના પ્રકાશને વસ્તુ પરાવર્તન કરે તેવો વસ્તુનો રંગ દેખાય છે. રાતી વસ્તુને સફેદ અથવા રાતા પ્રકાશમાં રાખીએ તો તે રાતી દેખાશે; પરંતુ જાંબલી, લીલા કે ભૂરા પ્રકાશમાં રાખવાથી તે કાળી દેખાશે કારણ કે બીજા રંગના કિરણો તે શોષી લે છે.

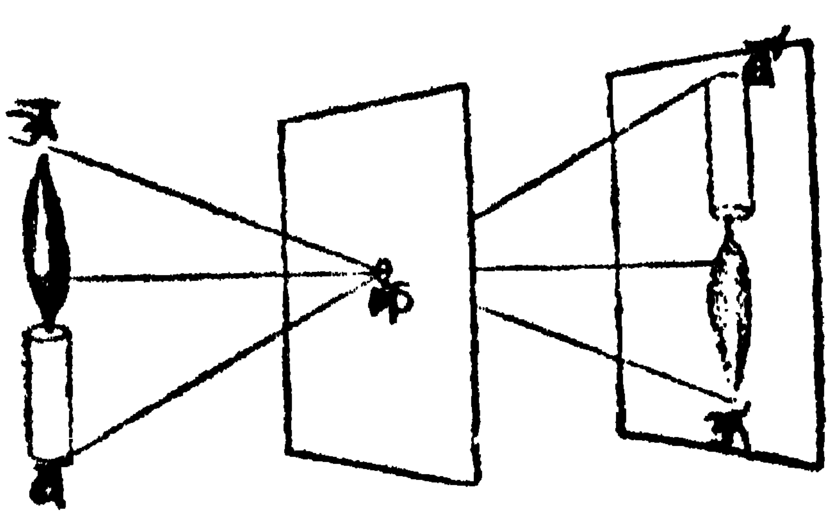
પ્રકરણ ૨૧

પ્રકાશના યંત્રો (સાધનો)

૧. ફોટોગ્રાફિક કેમેરા Photographic camera

આકૃતિ (૨૦૦) મા બતાવ્યા પ્રમાણે એક કાગળનું કપાટિયું લઇ એક બારીક કાણું પાડી અ બ આગળ એક મીણબત્તી મૂકશો તો સામી બાજુ એક પડદા ઉપર ઊંધું પ્રતિબિંબ અ' બ' દેખાશે. હવે જો અ' બ' આગળ ફોટોગ્રાફની પ્લેટ (તકતી) અથવા ફિલમ મૂકી તેના ઉપર પડતો બીજો પ્રકાશ બંધ કરીએ અને માત્ર થોડા વખત માટે क માંથી પ્રકાશ દાખલ કરીએ તો તેના ઉપર ફોટો છપાઇ જશે. આમ એક બારીક નાકા વડે સાદો કેમેરા તૈયાર થાય છે. એ કેમેરાને પિનહોલ કેમેરા (pinhole camera) કહેવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૧૯૯



એની અંદરની મુશીબત એ છે કે પ્રતિબિંબ ઝાંખુ અને અસ્પષ્ટ હોય છે; કારણ કે બારીક નાકામાંથી બહુ જ થોડાં પ્રકાશનાં કિરણો બીજી બાજુ જઇ શકે છે. આથી જો બારીક નાકાની જગ્યાએ મોટો બહિર્ગોળ કાચ જડીએ તો મોટા વિસ્તારનાં કિરણો અંદર દાખલ થશે અને આગલા પ્રકરણમાં જોઇ ગયા તેમ ઉલટું અને સાચું પ્રતિબિંબ કાચની તકતી ઉપર પડશે. આ પ્રતિબિંબ ઘણું જ સ્પષ્ટ અને ઘણુ તેજદાર હોય છે; કારણ કે બહિર્ગોળ કાચનું કદ મોટું હોવાથી તેમાં ઘણાં

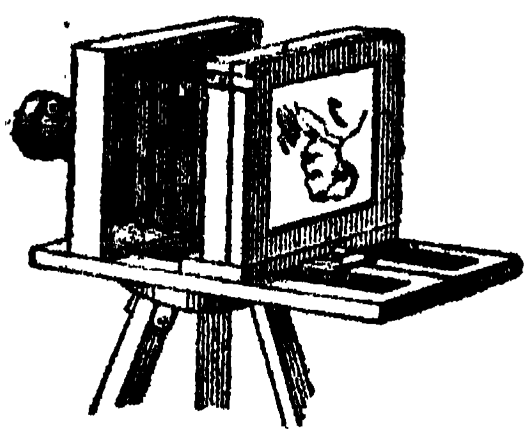
પ્રકાશનાં કિરણો દાખલ થાય છે અને એ કિરણો અમુક ચોકકસ જગ્યાએ કેન્દ્રિત થવાથી સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ રચે છે.

આપણે આગળ જોયું છે કે બહિર્ગોળ કાચમાં રચાતા પ્રતિબિંબ વસ્તુની દૂરતાના પ્રમાણમાં કાચથી વત્તાઓછા અંતરે હોય છે, એટલે પેટી જેવો કેમેરા (box camera) માત્ર એક જ અંતરે વસ્તુ રાખી હોય તો ખપમાં આવે છે. સામાન્ય રીતે એવા કેમેરામાં કાચ અને તકતી વચ્ચેની લંબાઈ કાચની કેન્દ્રલંબાઇ જેટલી હોય છે. આથી તકતી કેન્દ્ર (focus) ની જગ્યાએ હોય છે અને તેના ઉપર માત્ર દૂરની વસ્તુનું જ પ્રતિબિંબ સ્પષ્ટ દેખાય છે. ઘણું-ખરૂં પેટીના કેમેરા (box camara) માં વપરાતો બહિર્ગોળ કાચ ઘણી નાની કેન્દ્રલંબાઇનો હોય છે, એટલે સાધારણ રીતે સાતથી આઠ ફૂટ અંતરથી વધુ દૂર ગમે તે વસ્તુ રાખી હોય તો તેનું તકતી સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ (plate) ઉપર પડશે.

સારા કેમેરામાં કાચ અને તકતી વચ્ચેનું અંતર વધઘટ થઇ શકે તેવું હોય છે, એટલે વસ્તુને ગમે એ અંતરે રાખો તો તકતી (screen) અને કાચના અંતરમાં વધઘટ કરી સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ મેળવી શકાય છે.

એક કેમેરાનું ચિત્ર આકૃતિ (૨૦૧) માં બતાવ્યું છે. એમાં ડાબી બાજુની નળીમાં બહિર્ગોળ કાચ છે, તકતી પેટીમાં છે. પેટીની બાજુને વળી જઇ લાંબાટૂંકા થાય તેવા અપાર-દર્શક પડદા વડે બંધ કરેલી છે. તકતીને આગળ અથવા પાછળ ખેંચી શકાય છે. કાચની પાસે એક નાનું મોટું થાય અને અમુક વખત ઉઘાડી બંધ કરી દેવાય એવું ઢાંકણુ (shutter) રાખવામાં આવે છે. પ્રથમ ઢાંકણુને ખૂલ્લું રાખી

આકૃતિ ૨૦૧



કેમેરા.

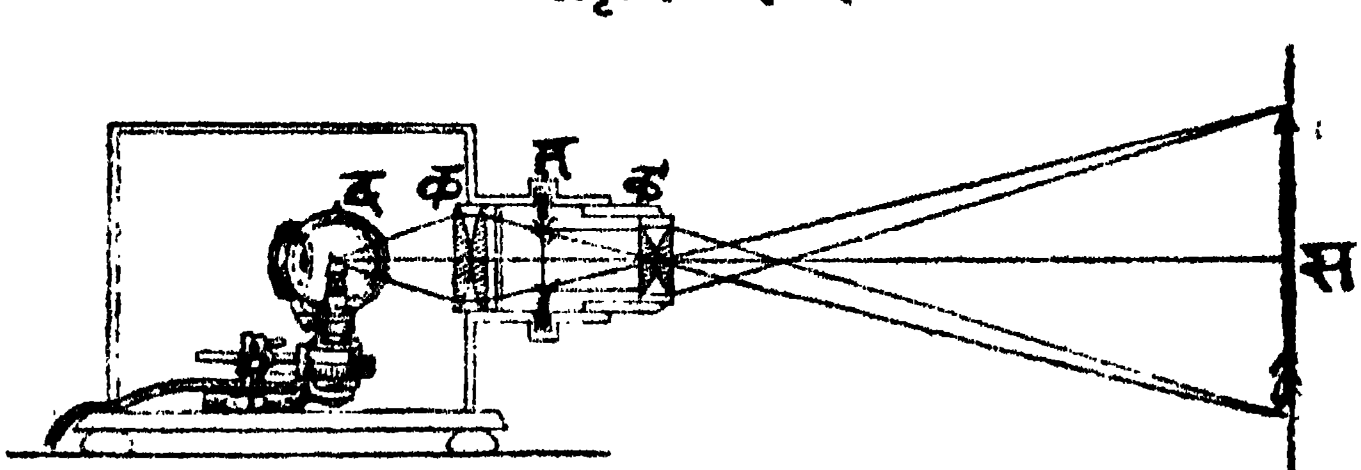
દુધિયા કાચની તકતી ઉપર આકૃતિમાં બતાવ્યા પ્રમાણે સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ દેખાય તેવી ગોઠવણ કરવામાં આવે છે. એ પછી ઢાંકણુ (shutter) ને બંધ કરી કાચની તકતીની જગ્યાએ એક ફોટોગ્રાફની તકતી અથવા ફિલમ દાખલ કરવામાં આવે છે. એ ફિલમ ઉપર પ્રકાશ બિલકુલ પડવો ન જોઇએ. એટલે જ્યાં સુધી ઢાંકણુ (shutter) બંધ હોય છે ત્યાં સુધી કેમેરાની અંદરના ભાગમાં હંમેશા અંધારૂં રહે છે. જ્યારે ઢાંકણુને (shutter) ઊઘાડવામાં આવે છે, ત્યારે જ અંદર પ્રકાશના કિરણો દાખલ થઇને કાચની તકતી ઉપર પ્રતિબિંબ પાડે છે, અને એની નોંધ તકતી ઉપર થઈ જાય છે. તુરત જ ઢાંકણુ પાછું બંધ કરવામાં આવે છે. જે ફોટોગ્રાફિક પ્લેટ ઉપર પ્રકાશનાં પ્રતિબિંબની નોંધ થાય છે એ પ્લેટ ઉપર રૂપાના એકાદ ક્ષારનો થર લગાડેલો હોય છે. રૂપાના અમુક ક્ષાર ઉપર પ્રકાશ પડે તો એનું રૂપાંતર થાય છે. જ્યાં વધુ પ્રકાશ પડે ત્યાં એનું વધુ રૂપાંતર થાય અને ઓછો પડે ત્યાં ઓછું થાય છે. ઘણુંખરૂં કેમેરામાં પ્રકાશનાં કિરણોને સેકંડના હજારમાં ભાગથી માંડીને એકાદ મીનીટ સુધી પ્રકાશનો તેના તેજને (intensity) ધ્યાનમાં લઇને પડવા દેવામાં આવે છે. પ્લેટ ઉપર પ્રકાશથી તૈયાર થયેલું પ્રતિબિંબ પ્લેટને અમુક જાતના ક્ષારમાં ડેવલોપ કરવામાં ન આવે ત્યાં સુધી દેખાતું નથી અને એ પ્રતિબિંબ ગુપ્ત (latent) રહે છે. એ પ્લેટને 'ડેવલોપ' કર્યા પછી બીજા રસાયણમાં મૂકીને 'ફીક્ષ' કરવામાં આવે છે. આમ તયાર થયેલી પ્લેટની ઉપર જે પ્રતિબિંબ હોય તે અપસવ્ય (negative) હોય છે, એટલે જ્યાં સફેદ

વસ્તુ હોય ત્યાં કાળી દેખાય છે અને કાળી હોય ત્યાં સફેદ દેખાય છે. આને લીધે જે ચિત્ર તૈયાર કરવું હોય તેને માટે વળી પાછી એ અપસવ્ય (negative) પ્લેટનો ઉપયોગ કરી સવ્ય (positive) ચિત્ર તૈયાર કરવામાં આવે છે. અપસવ્ય (negative) પ્લેટને લગોલગ પ્લેટના જેવાં જ રસાયણવાળો કાગળ મૂકી એના ઉપર થોડીવાર પ્રકાશ પાડવામાં આવે તો એ કાગળ ઉપર પ્લેટથી ઉલટું એટલે સવ્ય (positive) અને ખરેખરી વસ્તુને બતાવતું ચિત્ર તૈયાર થાય છે.

૨. જાદુઇ ફાનસ
Magic lantern

ભાષણ આપતી વખતે સભાને મોટાં ચિત્ર બતાવવાં પડે છે; એટલે ભાષણ-કર્તાને મોટાં ચિત્રના નકશા બનાવવા પડે અથવા ઘણા મોટાં ચિત્ર દોરવાં પડે. આમ કરવામાં ઘણી મુશીબત પડે છે, એટલે ચિત્રને એક કાચની તકતી ઉપર દોરવામાં આવે છે અથવા કૅમેરા વડે નોંધવામાં આવે છે. આ ચિત્રને જાદુઇ ફાનસ વડે વિપૂલ કરીને એક પડદા ઉપર તેનું પ્રતિબિંબ પાડવામાં આવે છે. ચિત્ર ઘણું નાનું હોય છે, છતાં બહિર્ગોળ કાચના ઉપયોગથી એને ઘણું મોટું કરી શકાય છે. જાદુઇ ફાનસની રચના નીચે મુજબ હોય છે.

આકૃતિ ૨૦૨



જાદુઇ ફાનસ

દીવાની પાછળ = પરાવર્તક (reflector), द = વિજળીનો દીવો, क = બહિર્ગોળ કાચ (પ્રકાશને કેન્દ્રિત કરનાર કાચ condenser), त = કાચની તકતી, क' = બહિર્ગોળ કાચ (જે વડે તકતીનું ચિત્ર પડદા ઉપર પાડવામાં આવે છે), स = પડદો.

વિજળીના દીવામાંથી નીકળતો પ્રકાશ કેન્દ્રિત કાચ (condenser) ઉપર પડે છે. કેટલોક પ્રકાશ પરાવર્તક (reflector) ઉપર પડીને કેન્દ્રિત થઇ કાચ ઉપર પડે છે. એ પ્રકાશથી કાચની તકતી પ્રકાશિત બને છે. તકતી ઉપરનું ચિત્ર બહિર્ગોળ કાચના કેન્દ્રથી સહેજ દૂર પરંતુ દ્વિતીયકેન્દ્રથી નજીક રાખવામાં આવે છે; એટલે એનું પ્રતિબિંબ પડદા ઉપર ઊલટું અને વિપૂલ થયેલું (magnified) પડે છે. પ્રતિબિંબ સુલટું પડે તેટલા માટે તકતીનું ચિત્ર ઊંધું રાખવામાં આવે છે. પ્રતિબિંબ સ્પષ્ટ દેખાય એટલા માટે જે ઓરડામાં જાદુઇ ફાનસ વાપરવામાં આવે છે તેને અંધારો રાખવામાં આવે છે.

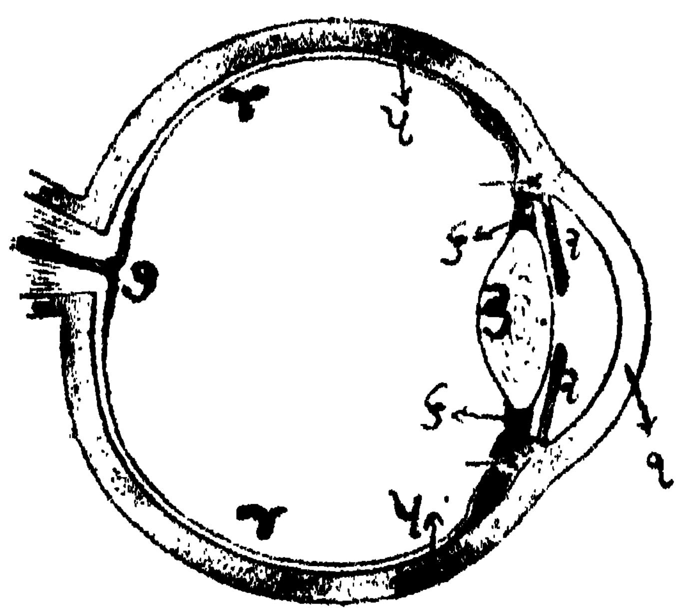
૩. કેમેરા અને જાદુઇ ફાનસની સરખામણી

(૧) કેમેરાની પેટીના અંદરના ભાગમાં તદ્દન અંધારૂ રાખવામાં આવે છે; જાદુઇ ફાનસના અંદરનો ભાગ પ્રકાશિત હોય છે. (૨) કેમેરાની બહાર પ્રકાશ હોય છે; જાદુઇ ફાનસની બહારનો ઓરડો અંધારો રાખવામાં આવે છે. (૩) જે વસ્તુનું પ્રતિબિંબ પાડવાનું હોય તે વસ્તુ કેમેરાની બહાર હોય છે; જાદુઇ ફાનસમાં વસ્તુ (કાચની તકતી ઉપરના ચિત્રને) ફાનસની અંદર રાખવામાં આવે છે. (૪) કેમેરામાં પ્રતિબિંબનો પડદો અંદર હોય છે; જાદુઇ ફાનસમાં પડદો બહાર રાખવામાં આવે છે. (૫) બન્નેની અંદર બહિર્ગોળ કાચનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

૪. આંખ, Eye

બાજુની આકૃતિ (૨૦૩)માં આંખની રચના બતાવવામાં આવી છે.

આકૃતિ ૨૦૨



૧ = આંખની કીકી .(pupil) ૨ = પડદા (iris), ૩ = બહિર્ગોળ કાચ જેવો લેન્સ (convex lens), ૪ = નેત્રપટ (retina), ૫ = અક્ષિકોષ (sclarotic); એક જાતના પ્રવાહીથી ભરેલો પ્રકાશહીન આંખનો ડોળો (eyeball filled with vitrous humor), ૬ = લેન્સ (lens) ને જાડો પાતળો કરનાર સ્નાયુ, ૭ = દૃષ્ટિતંતુ.

આંખનો બહિર્ગોળ લેન્સ (lens) એક જાતના સ્ફટિક દ્રવ્યનો બનેલો છે અને તે જાડો પાતળો થઇ શકે છે. આથી તેની કેન્દ્રલંબાઇમાં વધઘટ થઇ શકે છે. એ લેન્સ વડે દૃષ્ટિપટમાં આવતી વસ્તુનું પ્રતિબિંબ પાછળના નેત્રપટ (૪) ઉપર પડે છે. નેત્રપટ અને લેન્સ (lens) વચ્ચેનું અંતર નિયત (fixed) હોય છે, એટલે વત્તાઓછા અંતરે આવેલી વસ્તુનું પ્રતિબિંબ એકજ જગ્યાએ પાડવું હોય તો બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇ (focal length) પણ વત્તાઓછી કરવી પડે છે. એ કાર્ય લેન્સ સાથે જોડેલા સ્નાયુઓ આપમેળે કરે છે. ઘણી દૂરની વસ્તુ જોવી હોય તો સ્નાયુઓ બહિર્ગોળ લેન્સ (lens) ને ખેંચીને પાતળો બનાવે છે, એટલે તેની કેન્દ્રલંબાઇ વધે છે. ઘણી નજીકની વસ્તુ જોવી હોય ત્યારે એ સ્નાયુ લેન્સને મૂક્ત કરી જાડો બનાવે છે, આથી એની કેન્દ્રલંબાઇ ટૂંકી થાય છે અને સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ નેત્રપટ ઉપર પડે છે. નેત્રપટ એ ફોટોગ્રાફિક કેમે-

રામાં વપરાતી પ્લેટના જેવી જ પ્રકાશગ્રહણપટુ (sensitive to light) હોય છે. જે વડે પ્રતિબિંબ પડે છે, તેનાથી પટ ઉપર ક્ષણિક રસાયણિક ક્રિયા ઉત્પન્ન થાય છે. એની અસરને દૃષ્ટિતંતુ (૭) વડે મગજમાં લઇ જવામાં આવે છે. કીકી (pupil) અંદરના લેન્સને રક્ષણ આપે છે. પડદા (૨) વત્તાઓછા પ્રકાશને માર્ગ આપવાનું કાર્ય કરે છે. જો વસ્તુ બહુ પ્રકાશિત હોય તો તે પડદા સંકુચિત થઇને થોડા પ્રકાશને દાખલ થવા દે છે. પ્રકાશ ઘણો ઓછો હોય તો એ વધારે પહોળા થઇને ઘણા પ્રકાશના કિરણને દાખલ થવા દે છે. નેત્રપટ ઉપર પડતું પ્રતિબિંબ ઉલટું હોય છે, છતાં ટેવને લીધે દૃષ્ટિતંતુ વડે વસ્તુ સુલટી હોય એવો જ ભાસ મગજને થાય છે. આંખના સર્વે અંગોને એક મજબુત બંધ દાબડા જેવા હાડકાંના ગોળામાં સુરક્ષિત રાખેલાં છે. એ ગોળાને અક્ષિકોષ (sclarotic) કહેવામાં આવે છે.

૫. આંખ અને કેમેરાની સરખામણી

આંખ એ નાનો સરખો કેમેરા છે. કેમેરા એક બંધ અંધારી પેટીનો બનેલો હોય છે; તે જ પ્રમાણે આંખનો ડોળો (eye-ball) પણ એક અંધારી પેટી જેવો જ છે. બન્નેમાં પ્રકાશનાં કિરણો બહિર્ગોળ લેન્સ (convex lens) વડે દાખલ થાય છે. કેમેરામાં પ્રકાશગ્રહણપટુ (light sensitive) પ્લેટ ઉપર પ્રતિબિંબ પાડવામાં આવે છે; આંખમાં પણ તેવી જ જાતના પ્રતિબિંબ નેત્રપટ ઉપર પડે છે. બન્નેમાં પ્રતિબિંબ ઊલટાં પડે છે. ફેર માત્ર એટલો કે આંખમાં નેત્રપટ (retina) અને લેન્સને વચ્ચેનું અંતર અચલ (fixed) રહે છે, અને લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇમાં વધઘટ કરી શકાય છે; જ્યારે કેમેરામાં

લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇ અચલ હોય છે અને ફોટોગ્રાફિક પ્લેટ અને લેન્સની વચ્ચેનું અંતરની વધઘટ થઇ શકે છે.

૬. આંખની નબળાઇ
Defects of eye
ગુરુદૃષ્ટિ અને લઘુદૃષ્ટિ
long-sight and short-sight

આંખની નબળાઇને લીધે ઘણાખરા માણસો ચશ્મા પહેરવા પડે છે. માણસ ઘરડા થાય અને બરાબર દેખાય નહી, ત્યારે આપણે કહીએ છીએ કે એને ચશ્મા આવ્યાં છે. ચશ્મા ઘણુંખરૂં બહિર્ગોળ અથવા અંતર્ગોળ કાચના હોય છે. એ કાચો આંખની નબળાઇ કેવી રીતે દૂર કરે છે એ સમજવા પહેલાં આંખની નબળાઇ કેવી જાતની હોય છે તે તપાસીએ.

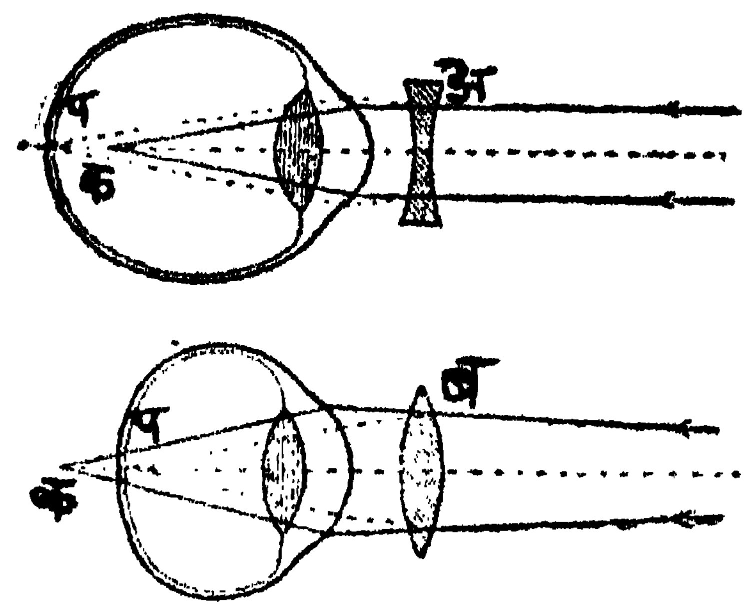
આંખમાં મૂખ્યત્વે બે જાતની નબળાઇ આવે છે. એક નબળાઇ લઘુદૃષ્ટિની છે. એક જાતની નબળાઇ ઘણુંખરૂં નાની ઉમરના માણુસોને લાગુ પડે છે. એ નબળાઇને લીધે દૂરની વસ્તુ સ્પષ્ટ જોઇ શકાતી નથી, પરંતુ નજીકની વસ્તુ બરાબર દેખી શકાય છે. એવી જાતની નબળાઇવાળા માણુસો લઘુદૃષ્ટિ (short-sight) વાળા છે એમ કહેવાય છે. ઘરડા માણુસોને એથી ઉલટી નબળાઇ લાગુ પડે છે અને એ લોકો દૂરની વસ્તુને બરાબર જોઇ શકે છે, પરંતુ નજીકની વસ્તુને બરાબર જોઇ શકતા નથી. એવી નબળાઇવાળાને ગુરૂદૃષ્ટિની (long sight) ખામીવાળા કહેવામાં આવે છે.

લઘુદૃષ્ટિની ખામીવાળા માણુસોની આંખના બહિર્ગોળ લેન્સ એટલો જાડો હોય છે કે તેનું કેન્દ્ર क નેત્રપટ प સુધી જઇ શકતું નથી, એટલે દૂરની વસ્તુનું પ્રતિબિંબ નેત્રપટ ઉપર ન પડતાં અંદરના ભાગમાં क આગળ પડે છે (આકૃતિ૨૦૪'૧').

ગુરૂદૃષ્ટિવાળા માણુસોની આંખના બહિર્ગોળ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇ જોઇએ તેટલી ટૂંકી થઇ શકતી નથી કારણુ કે લેન્સને જાડો પાતળો કરનાર સ્નાયુ નિર્બળ હોય છે અને એને લીધે નજીકની વસ્તુનું પ્રતિબિંબ નેત્રપટ क ની આગળપાછળ પડે છે, પરંતુ કેન્દ્રલંબાઇ એથી વધુ લાંબી થઇ શકે તેવી હોય છે, એટલે દૂરની વસ્તુનું પ્રતિબિંબ નેત્રપટ ઉપર સ્પષ્ટ પડી શકે છે (આકૃતિ ૨૦૪'૨').

આકૃતિ ૨૦૪

(૧)

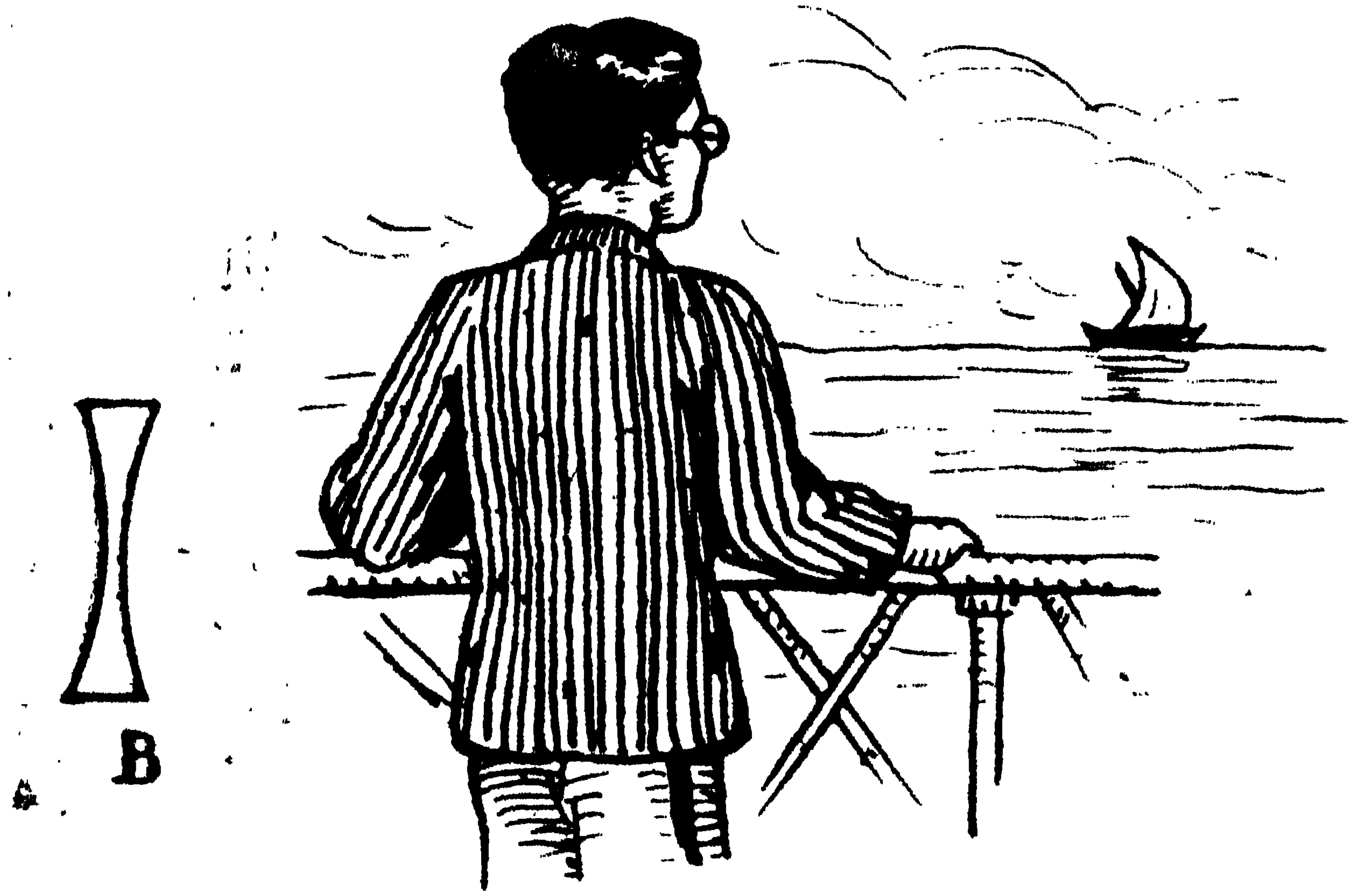


(૨)

લઘુદૃષ્ટિવાળાની નબળાઇ અંતર્ગોળ કાચ વડે દૂર કરી શકાય છે, કારણુ કે આંખની વચ્ચે અંતર્ગોળ કાચ મૂકવાથી દૂરની વસ્તુમાંથી આવતાં સમાન્તર કિરણો આંખની ઉપર સમાન્તર ન પડતાં પહોળાં (કેન્દ્રાપસારી, diverge) થઇને પડે છે; અને તેથી આંખના ગોળાની વચ્ચે क આગળ કેન્દ્રિત ન થતાં દૂર નેત્રપટ प ઉપર કેન્દ્રિત થાય છે (આકૃતિ ૨૦૪ '૧'). તૂટક લીટીથી એ પ્રતિબિંબ નેત્રપટ प ઉપર કેવી રીતે પડે તે બતાવેલું છે.

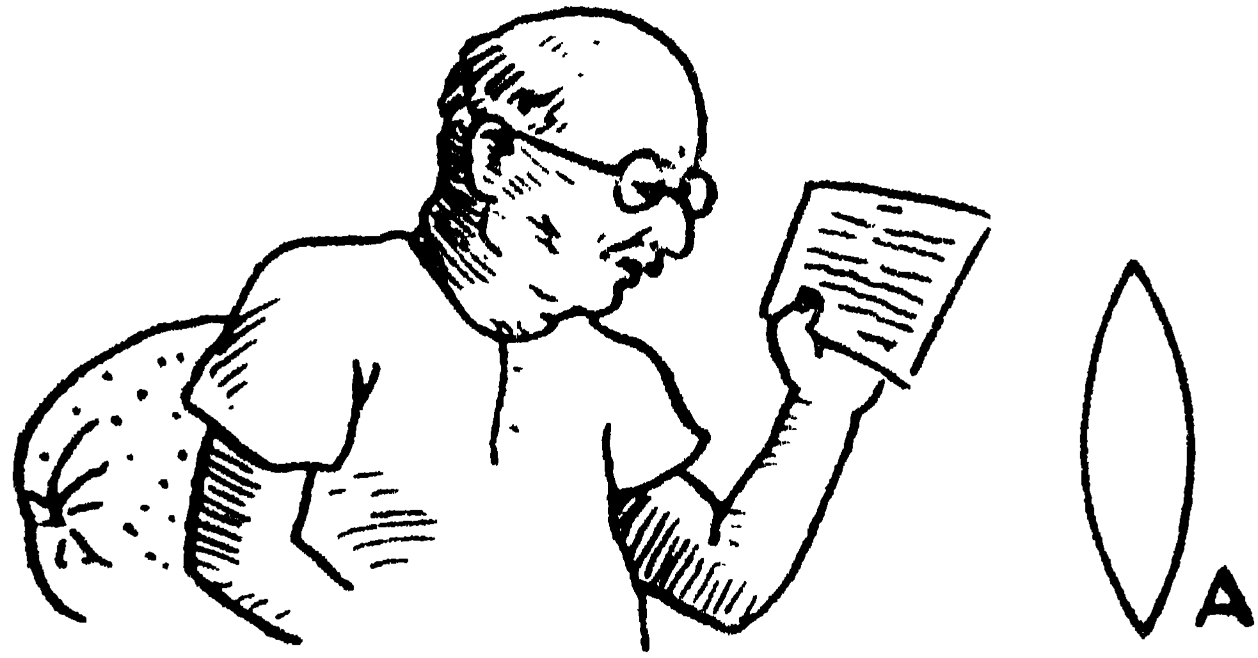
ગુરૂદૃષ્ટિવાળાને બહિર્ગોળ કાચ વાપરવો પડે છે. એ કાચ વડે નજીકની વસ્તુમાંથી નીકળતાં પહોળાં થતાં કેન્દ્રાપસારી (diverging) કિરણો કાચમાંથી પસાર થઈ સંકોચાતાં (converging) થાય છે અને તે કિરણો કેન્દ્રાભિસારી બનીને નેત્રપટ प ઉપર સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ પાડે છે, અને તે તૂટક લીટીથી બતાવેલું છે (આકૃતિ ૨૦૪ '૨').

આકૃતિ ૨૦૫



લઘુદ્રષ્ટિ

(એમાં યુવાન માણસ દૂરની વસ્તુ સ્પષ્ટ જોઇ શકતો નથી તેથી અંતર્ગોળ કાચના ચશ્મા પહેરે છે).



ગુરૂદ્રષ્ટિ

(એમાં ઘરડો માણસ નજીકની વસ્તુ સ્પષ્ટ જોઇ શકતો નથી તેથી બહિર્ગોળ કાચના ચશ્મા પહેરે છે.)

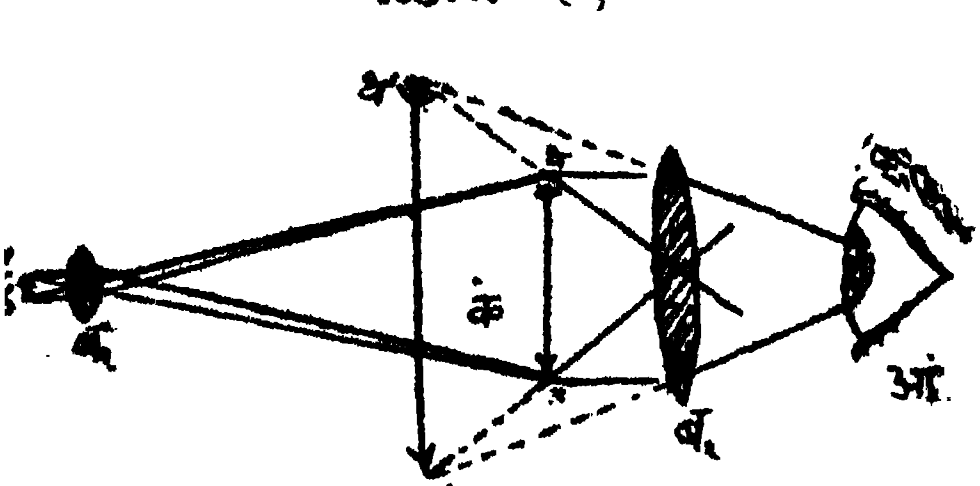
૭ સાદું સૂક્ષ્મદર્શક
Simple microscope

એકાદ બહિર્ગોળ કાચને સાદા સૂક્ષ્મદર્શક તરીકે વાપરી શકાય તે આપણે આગળ જોયું છે. બહિર્ગોળ કાચની કેન્દ્રલંબાઈ ટૂંકી હોય અને એક વસ્તુને કેન્દ્રથી નજીક મૂકી એ કાચ વડે જોઇએ તો તે વિપૂલ થયેલી (magnified) દેખાશે. ઘડિયાળ સમારનારા કારીગરો તેમની આંખે એવા કાચવાળું ખોખું લગાવે છે અને ઘડિયાળનાં યંત્રોને એ કાચના કેન્દ્રથી નજીક લાવી જુએ છે; આથી એ સર્વે મોટાં થયેલાં લાગે છે. બારીક જીવજંતુ, વનસ્પતિનાં સૂક્ષ્મ ભાગો, મોતી વગેરેની તપાસ માટે આ સૂક્ષ્મદર્શક વપરાય છે.

૮. સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક
Compound microscope

સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક (compound microscope) એ બહિર્ગોળ કાચનું બનેલું છે. પહેલા કાચ વડે વિપૂલ થયેલું વળી પાછું બીજા કાચથી વધુ વિપૂલ થાય છે. ટઠ વસ્તુ જે પ્રથમ કાચ $ब_1$ (જેને વસ્તુકાચ–object lens કહેવામાં આવે છે) તેના કેન્દ્રથી સહેજ દૂર મૂકવામાં આવે છે. આથી એ વસ્તુનું ઊલટું, વિપૂલ થયેલું અને સાચું

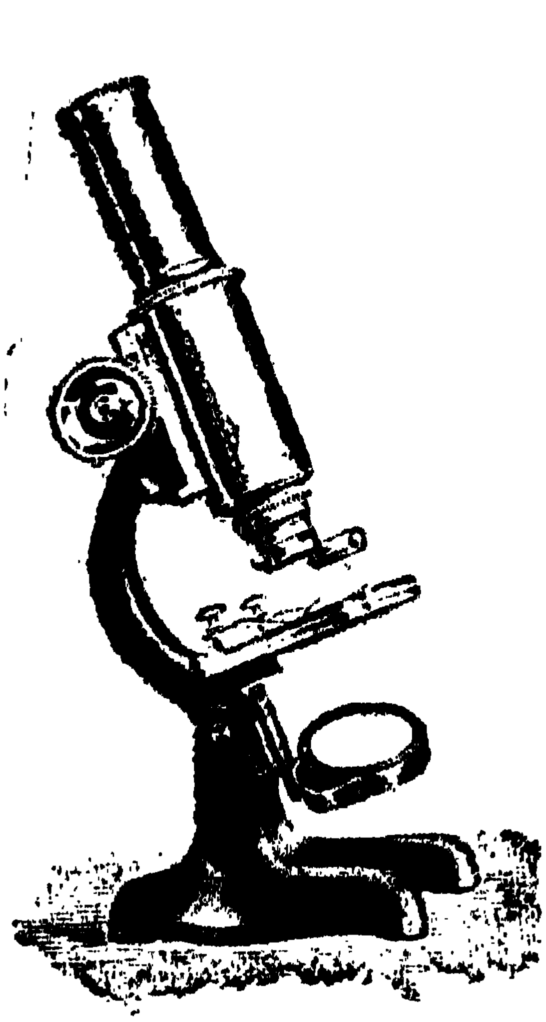
આકૃતિ ૨૬૦



પ્રતિબિંબ તથ આગળ પડે છે. એ પ્રતિબિંબ બીજાં કાચ $ब_2$ ના કેન્દ્ર क ની અંદર પડે છે. અને એ $ब_2$ કાચની વસ્તુ તરીકે બને છે. એનું $ब_2$ વડે ઉત્પન્ન થતું પ્રતિબિંબ થ' ત' આગળ પડે છે અને

એ વિપૂલ, આભાસિત અને ઊલટું જ રહે છે. $વ_2$ કાચમાંથી નીકળતાં કિરણો ત'થ'થી આવતાં હોય તેવો ભાસ પડે છે. આંખને $વ_2$ કાચની નજીક રાખવામાં આવે છે એટલે એ કાચને નેત્રકાચ (eye piece) કહેવામાં આવે છે. હમેશાં સૂક્ષ્મદર્શકમાં વસ્તુકાચ (object-glass)ની કેન્દ્રલંબાઇ નેત્રકાચની (eye piece) કેન્દ્રલંબાઇથી ઓછી હોય છે (આકૃતિ ૨૦૬).

આકૃતિ ૨૦૭

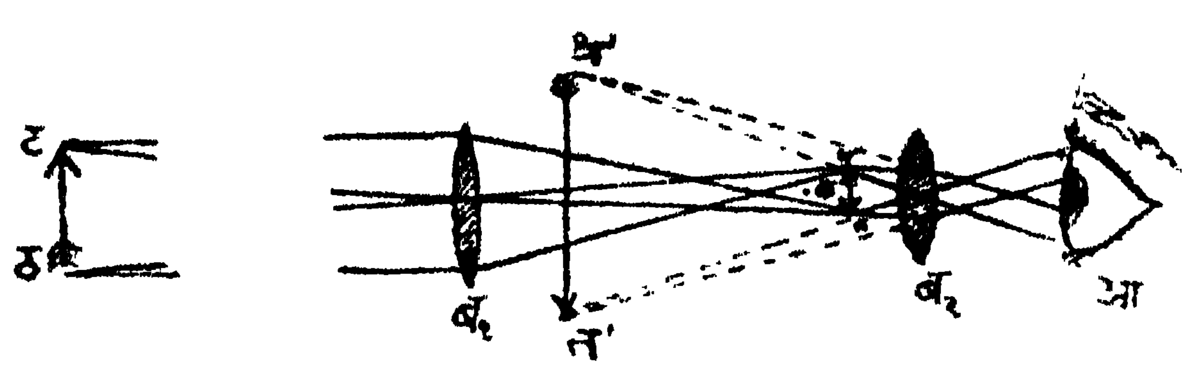


સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક.

આવી જાતનાં સૂક્ષ્મદર્શકો પ્રયોગોમાં અત્યંત ઉપયોગી છે. ખાસ કરીને વૈદ્યકીય, વનસ્પતી અને પ્રાણીવિજ્ઞાનની અંદર સૂક્ષ્મ ભાગોની રચના તપાસવા સૂક્ષ્મદર્શકનો ઉપયોગ તદ્દન અનિવાર્ય છે. સૂક્ષ્મદર્શક વડે નરી આંખે ન દેખાય તેવી વસ્તુઓ પણ અનેકગણી મોટી જોઇ શકાય છે. સાધારણ રીતે ૫૦૦ થી ૧૦૦૦ ગણી વિપૂલતા (magnification) સામાન્ય સૂક્ષ્મદર્શકો બતાવી શકે છે. કેટલાંક વધુ તીવ્ર સૂક્ષ્મ-દર્શકોમાં ૧૨૦૦ થી ૧૫૦૦ ગણી વિપૂલતા પણ મળી શકે છે. વિજ્ઞાનના પ્રયોગો માટે વપરાતું સૂક્ષ્મદર્શકનું ચિત્ર બાજુમાં આકૃતી (૨૦૭) માં બતાવ્યું છે. વસ્તુકાચને એક મોટી નળીને નીચલે નાકે જડેલો હોય છે. એ મોટી નળીની અંદરથી સરે તેવી એક નાની નળીને ઉપલે છેડે નેત્રકાચ જડેલો હોય છે. નાની નળી મોટી નળીમાં ચુસ્ત સરે તેમ રાખેલી હોય છે. વસ્તુના પ્રતિબિંબ જોવા એ બન્ને નળીને સાથે તેમજ અરસપરસ ઊંચે લઇ જવાય તેવી રચના કરવામાં આવે છે.

૯. દૂરબીન Telescope દૂરબીનની રચના પણ સાધારણ રીતે સૂક્ષ્મદર્શકના જેવી જ હોય છે. એની અંદર પણ બે બહિર્ગોળ કાચનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. જે કાચમાંથી દૂરની વસ્તુના કિરણો દૂરબીનમાં દાખલ થાય છે, તેને વસ્તુકાચ કહેવામાં આવે છે અને જે કાચને આંખ નજીક રાખી જોવામાં આવે છે, તેને નેત્રકાચ કહેવામાં આવે છે. દૂરબીનમાં વસ્તુકાચની કેન્દ્રલંબાઇ નેત્રકાચની કેન્દ્રલંબાઇ કરતાં વધુ હોય છે. દૂરબીનના બે પ્રકાર હોય છે. આકાશના અભ્યાસને માટે ખગોળ દૂરબીન (astronomical telescope) વપરાય છે અને પૃથ્વીની સપાટી ઉપરની દૂરની વસ્તુ માટે ભૂમી (terrestrial) દૂરબીન વપરાય છે. ખગોળ દૂરબીનમાં દૂરના તારા, ચંદ્ર અને સૂર્યનું પ્રતિબિંબ ઊલટું પડે છે, જ્યારે ભૂમી દૂરબીનમાં એક વધારાનો બહિર્ગોળ કાચ વાપરી સુલટુ પ્રતિબિંબ રચાય છે. ખગોળ દૂરબીન આકૃતિ (૨૦૮) વડે દર્શાવવામાં આવ્યું છે.

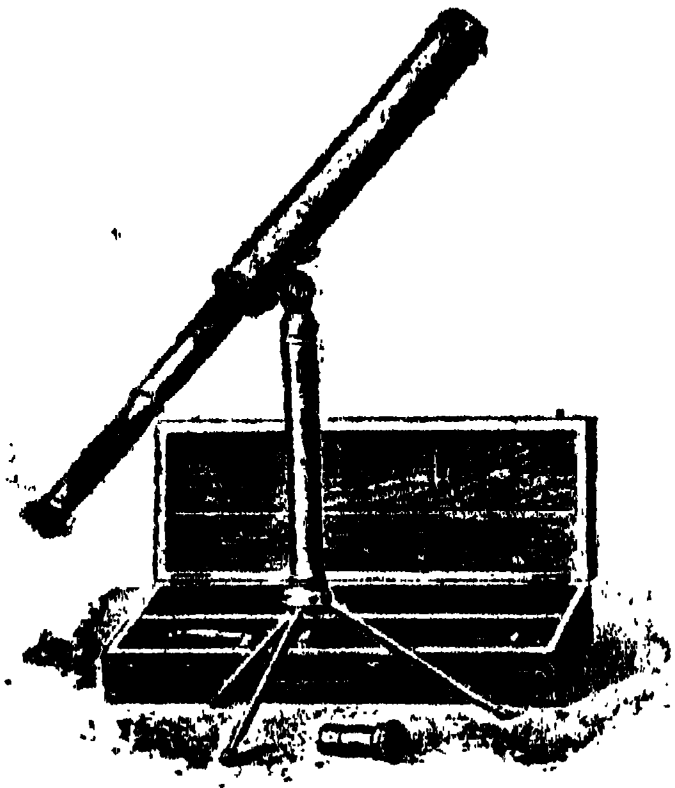
આકૃતિ ૨૦૮



ખગોળ દૂરબીન (astronomical telescope)

ટઠ એક ઘણી દૂરની વસ્તુ છે એનું પ્રતિબિંબ ટ'ઠ' $વ_1$
કાચ વડે એ કાચના કેન્દ્ર (focus) ઉપર તથ આગળ પડે છે.
એ પ્રતિબિંબ $વ_2$ કાચના કેન્દ્ર ક ની અંદર પડે છે, એટલે
કાચ વડે એ વિપૂલ થઇને ત' થ' આગળ એનું આભાસિત,

આકૃતિ ૨૦૯



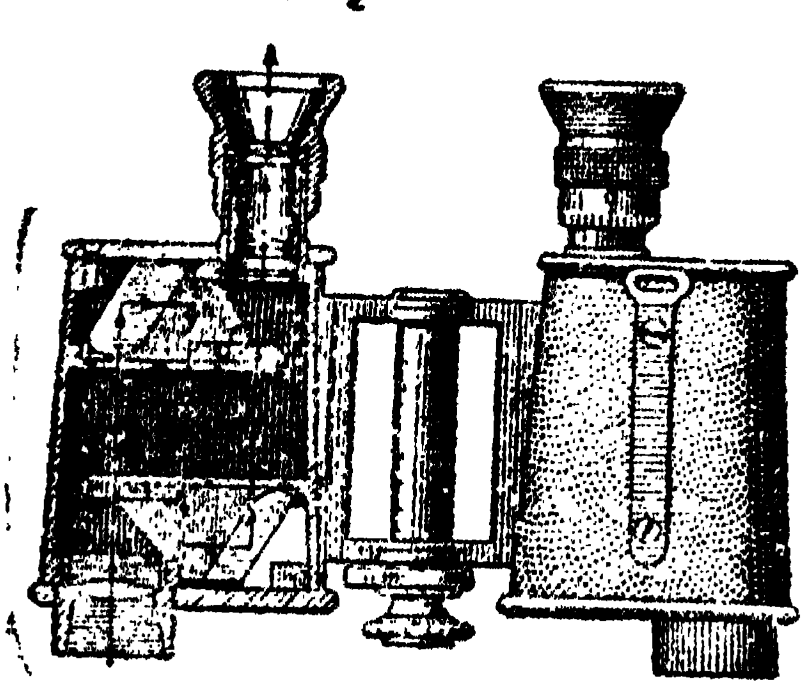
ખગોળ દુરબીન

વિપૂલ અને ઊલટું પ્રતિબિંબ આંખ વડે જોઈ શકાય છે. વત્તાંઓછાં અંતરની વસ્તુ પણ જોઇ શકાય તેટલા માટે $બ_1$ ને એક મોટી નળીમાં જડેલો છે અને $બ_2$ ને મોટી નળીમાં સરીને આગળ પાછળ જાય તેવી નાની નળીમાં જડેલો છે. એવાં દૂરબીનનું એક ચિત્ર આકૃતિ (૨૦૯)માં બતાવેલું છે.

૧૦. હસ્ત-દુરબીન
Binoculars

હસ્ત-દૂરબીન સાદા દૂરબીન જેવું જ હોય છે. માત્ર હસ્ત-દૂરબિનમાં વસ્તુ-કાચ અને નેત્રકાચ વચ્ચેનું અંતર બે કાટખૂણુ ત્રિપાર્શ્વ કાચ વાપરી ઓછું કરવામાં આવ્યુ છે. દૂરની વસ્તુમાંથી આવતાં પ્રકાશનાં કિરણો એ દૂરબીનના વસ્તુકાચમાં દાખલ થાય છે (આકૃતિ ૨૧૦).

આકૃતિ ૨૧૦

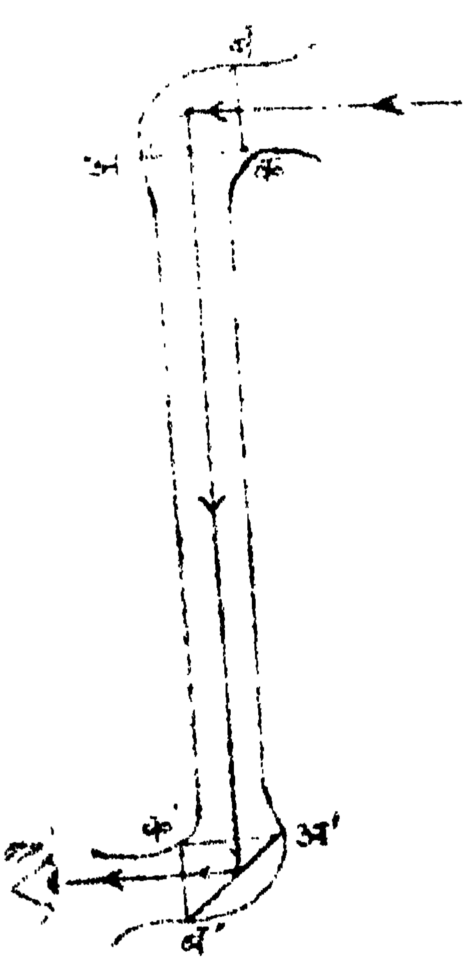


હસ્ત દૂરબીન

એ કિરણો પહેલા ત્રિપાર્શ્વ કાચમાં બે વખત પરાવર્ત થઇને બીજા ત્રિપાર્શ્વ કાચ ઉપર પડે છે. એમાંથી વળી એ કિરણો બે વખત પરાવર્ત થઇને નેત્રકાચમાં જાય છે. એ કિરણોની કુલ માર્ગલંબાઇ ગણુતાં તે બન્ને કાચની વચ્ચેના અંતરથી ત્રણગણી છે એમ જણાય છે. આથી સાદા દૂરબીનમાં બન્ને કાચનું અંતર હસ્ત-દૂરબીનના કાચના અંતર કરતાં

લગભગ ત્રણગણું હોય છે. બે આંખથી એકી સાથે જોઇ શકાય તેટલા માટે દરેક આંખને માટે બે દૂરબીનો એકમેકની સાથે જોડેલાં હોય છે. વત્તાઓછા અંતરે જોઇ શકાય તે માટે નેત્રકાચને એક સ્ક્રૂવડે આગળ પાછળ ખસેડી શકાય તેવી રચના રાખવામાં આવી હોય છે.

આકૃતિ ૨૧૧



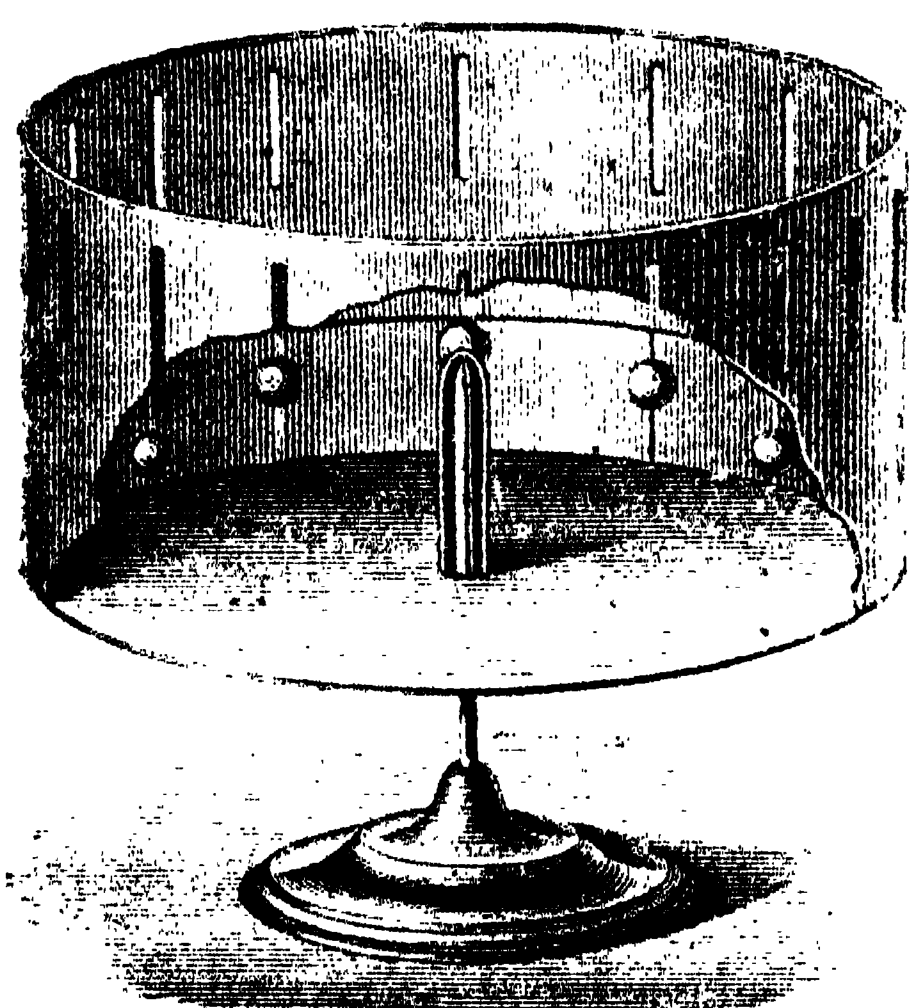
૧૧ પેરિસ્કોપ Periscope સબમરીનમાં સમુદ્રની સપાટી નીચે બહારની વસ્તુ જોવા માટે પેરિસ્કોપ નામનું સાધન વાપરવામાં આવે છે (આકૃતિ ૨૧૧). એક લાંબી નળી સબમરીનમાંથી સમુદ્રની સપાટી ઉપર નીકળે છે. નળીના ઉપલા અને નીચલા ભાગમાં બતાવ્યા પ્રમાણે अबक અને अ'ब'क' જેવા બે ત્રિપાર્શ્વ કાચ રાખેલા છે, અને બતાવ્યા પ્રમાણે પ્રકાશ એમાંથી પરાવર્ત થઇને આંખમાં દાખલ થાય છે. ત્રિપાર્શ્વને બદલે अब અને अ'ब' આગળ બે આરસા રાખવામાં આવે તોપણ ચાલશે.

૧૨. ચિત્રપટ, સિનેમેટાગ્રાફ આપણી આંખના નેત્રપટ ઉપર વસ્તુનું જે પ્રતિબિંબ પડે છે તે લગભગ સેકન્ડના ૧૬ મા ભાગ જેટલો વખત ટકી રહે છે. સેકન્ડના ૧૬ મા ભાગ જેટલા સમયને આંતરે એક હાલતી ચાલતી વસ્તુના ઘણા ચિત્રો લઇ આપણે તેટલીજ ઝડપથી તેમને વારા ફરતી જોઈએ તો તે ચિત્રો આપણને હાલતાં ચાલતાં દેખાશે. દરેક ચિત્રનું પ્રતિબિંબ સેકન્ડના

૧૬ મા ભાગ જેટલો વખત ટકી રહે છે, અને એટલામાં બીજાં ચિત્રનું પ્રતિબિંબ આંખમાં પડે છે. આમ એક પછી એક સ્થિતિના પરિવર્તન ચાલુ રહેલાં દેખાય છે અને ચિત્ર ગતિમાં આવેલું લાગે છે.

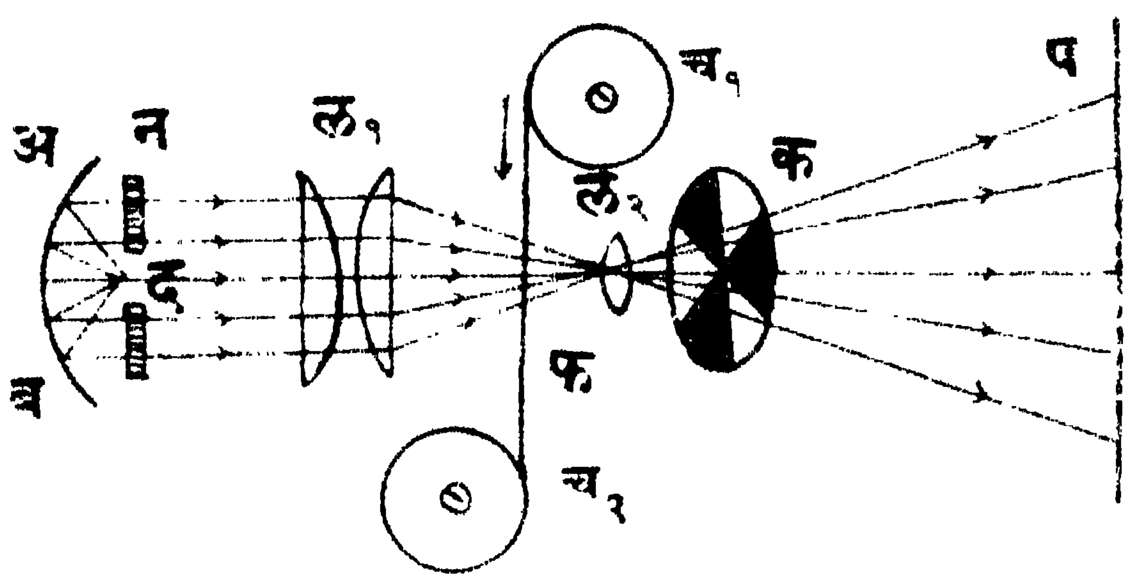
હાલતાં ચાલતાં (ચલચ્ચિત્રો) ચિત્રોની શોધ ઘણા લાંબા સમયની કહી શકાય. ૧૮૩૩ માં પ્લુટો નામના વૈજ્ઞાનિકે ગોળ ચક્ર ઉપર વસ્તુની જુદી જુદી સ્થિતિ દર્શાવતાં ચિત્રો અનુક્રમમાં ચોઢીને તેમને ગોળ ફેરવી પ્રથમ હાલતાં ચાલતાં ચિત્રો જોવાની યુક્તિ રચી હતી. ત્યાર પછી આકૃતિ (૨૧૨) માં બતાવ્યા મુજબનું ઝોએટ્રોપ (zoetrope) નામનું સાધન હાર્નર નામના વૈજ્ઞાનિકે શોધ્યું. એ વર્તુલાકાર ડબ્બાના જેવું છે. એની ફરતે સરખે અંતરે નાની ઊભી બારી રાખેલી છે. દરેક બારીમાં જોતાં સામી બાજુએ એક દડો દેખાય છે. એક જગ્યાએ બારીમાંથી નજર કરી એ ચક્ર ફેરવવામાં આવે, તો ચક્રની અંદર ગોઠવેલા જુદા જુદા દડા દેખાશે. એ દડા અનુક્રમે વત્તીઓછી ઊંચાઇએ ગોઠવેલા છે એટલે ચક્રને ઝડપથી ફેરવીને બારીમાંથી જોતાં જુદી જુદી સ્થિતિના દડા એક પછી એક દેખાય છે. ઝડપથી ચક્ર ફેરવીએ અને એક દડો સેકન્ડના ૧૬મા

આકૃતિ ૨૧૨



ભાગથી ઓછા સમય માટે દેખાય અને તેટલામાં બીજો દડો નજરે પડે છે. આ રીતે એક પછી એક સ્થિતિના દડા વારા ફરતી દેખાવાથી એક જ દડો ઊંચે નીચે ઊછળતો હોય હોય તેવો ખ્યાલ આવે છે.

આકૃતિ ૨૧૩.



ચિત્રપટ દર્શાવવાનું યંત્ર

સિનેમાના યંત્રમાં એક ઘણાજ પ્રકાશિત દિવા द નું તેજ अब પરાવર્તક વડે પરાવર્ત થઇને લેન્સ લ$_1$ માંથી પસાર થાય છે અને ફિલમ क ના ચિત્રને પ્રકાશિત બનાવે છે. ફિલમ च$_1$ ચક્ર ઉપરથી ઉકેલાઇને નિચેના च$_2$ ચક્ર ઉપર વિંટાય છે. એ ફિલમનું ચિત્ર લેન્સ લ$_2$ ના કેન્દ્રથી સહેજ દૂર હોય છે એટલે તેનું પ્રતિબિંબ પડદા प ઉપર વિપૂલ થઈને પડે છે. ફિલમ ઉપરના ચિત્રો ઊંધા હોવાથી પડદા ઉપર સવળાં ચિત્રો પડે છે. લેન્સ લ$_1$ આગળ એક પંખો क રાખેલો છે. એ પંખાની વચ્ચેની ખાલી જગામાંથી પ્રકાશ પસાર થાય છે, પરંતુ પંખાની બ્લેડ લેન્સ લ$_2$ ની સામે આવે ત્યારે પ્રકાશ બંધ થાય છે. લેન્સ લ$_1$ ની સામે નીચે ઉતરતી ફિલમની પટીમાંનું એક

ચિત્ર આવી રહે, એટલે પંખાની ખાલી જગા સામે આવે છે અને ચિત્ર બહારના પડદા ઉપર પડે છે. એ પછી ક્ષણમાં ફિલમ આગળ સરે છે અને તે દરમિયાન પ્રકાશ પંખાનાં બ્લેડ વડે બંધ થાય છે. જેવું બીજું આખું ચિત્ર બરાબર લેન્સની સામે આવે તેટલામાં બ્લેડ ખસી જાય છે અને બીજું ચિત્ર બહારના પડદા ઉપર પડે છે. આ ફેરફાર સેકન્ડના ૧૬ મા ભાગના જેટલા વખતમાં થાય છે, એટલે આપણને પ્રકાશ ક્ષણભર બંધ રહે તે લક્ષમાં આવતો નથી. આ પ્રમાણે પડદા પ ઉપર ચિત્રો સતત ચાલુ રહેતાં નથી, પરંતુ થોડી થોડી ક્ષણના આંતરે પડે છે. છતાં તે ફેરફાર ઘણી ઝડપથી થતો હોવાથી ચિત્ર બંધ રહે તે લક્ષમાં આવતું નથી.

ફિલમની પટી ઉપરના ચિત્રો પણ એટલીજ ઝડપથી લીધેલાં હોય છે. વસ્તુના હાલતી ચાલતી અવસ્થાના અનેક ચિત્રો લેવાં પડે છે, અને ઓછામાં ઓછાં સેકન્ડના ૨૦ કે ૧૬ તો લેવાંજ જોઇએ.

સાર

૧. ફોટોગ્રાફિક કેમેરા એક પ્રકાશચુસ્ત પેટી છે. એને એક નાકે બહિંર્ગોળ કાચ (convex lens) રાખેલો છે. અને બીજે નાકે ફોટોગ્રાફની તકતી મૂકવામાં આવે છે. બોક્ષ કેમેરામાં લેન્સ અને તકતીની વચ્ચેનું અંતર નિયત હોય છે, જ્યારે સારા કેમેરાની બાજુ ધમણ જેવી રાખીને એ અંતર વધઘટ થાય તેમ રાખેલું હોય છે. માત્ર દૂરની વસ્તુનું સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ બોક્ષ કેમેરામાં પડે છે. સારા કેમેરામાં ગમે તે અંતર દૂરની વસ્તુનું સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ લઇ શકાય છે.

૨. જાદુઇ ફાનસ વડે નાની કાચની તકતી ઉપરનું ચિત્ર દૂરના પડદા ઉપર વિપૂલ કરી પાડવામાં આવે છે. એક બહુ તીવ્ર દીવા વડે કાચની તકતીને પ્રકાશિત કરવામાં આવે છે. એ તકતીને એક લેન્સના કેન્દ્રથી સહેજ દર અને ઊંધી રાખવાથી પડદા ઉપર મેાટું અને સુલટું ચિત્ર પડે છે. કેમેરાની પેટીમાં અંધારૂં હોય છે અને બહાર પ્રકાશ હોય છે. જ્યારે જાદુઇ ફાનસમાં અંદર પ્રકાશ હોય છે અને બહાર ઓરડામાં અંધારૂં રાખવામાં આવે છે.

૩. આંખ પણ એક કેમેરા જ છે. એની વિશિષ્ટતા એના લેન્સમાં છે. એ લેન્સની કેન્દ્રલંબાઇ નાની-મેાટી થઇ શકે તેવી હોય છે. આથી નેત્રપટ (retina) અને લેન્સ વચ્ચેનું અંતર નિયત હોવા છતાં ગમે તે અંતરની વસ્તુનું સ્પષ્ટ પ્રતિબિંબ નેત્રપટ ઉપર પડે છે. એ પ્રતિબિંબની અસર દૃષ્ટિતંતુ વડે મગજને પહોંચાડવામાં આવે છે.

આંખની બે નબળાઇ મૂખ્ય છે. યુવાન માણસેા દૂરની વસ્તુને સ્પષ્ટ ન જોઇ શકે તેા તે નબળાઇને લઘુદૃષ્ટિ કહેવામાં આવે છે. અંતર્ગોળ કાચના ચશ્માં વાપરવાથી એ નબળાઇ દૂર થાય છે. ઘરડા માણસેા નજીકની વસ્તુને સ્પષ્ટ જોઇ શકતા ન હોય તેા તે નબળાઇને ગુરૂદૃષ્ટિ કહેવામાં આવે છે. ગુરૂદૃષ્ટિની નબળાઇ બહિર્ગોળ કાચના ચશ્મા વાપરવાથી દૂર થાય છે.

૪. બહિર્ગોળ કાચના કેન્દ્રથી નજીક વસ્તુ રાખીને જોઇએ તે વિપૂલ દેખાય છે એટલે એ કાચને સાદેા સુક્ષ્મદર્શક કહેવામાં આવે છે. સંયુકત સુક્ષ્મદર્શકમાં બે બહિર્ગોળ કાચ વાપરવામાં આવે છે. વસ્તુને વસ્તુકાચની (object glass) નજીક રાખવામાં આવે છે અને તેનું પ્રતિબિંબ નેત્રકાચ (eye piece) ના કેન્દ્રથી નજીક આવે છે એટલે તે વધુ વિપૂલ થાય છે. વસ્તુકાચની કેન્દ્રલંબાઇ નેત્રકાચના કરતાં ઘણી નાની હોય છે.

દૂરબીનમાં વસ્તુકાચની કેન્દ્ર લંબાઇ નેત્રકાચના કરતાં નાની હોય છે. દૂરની વસ્તુનું નાનું પ્રતિબિંબ નેત્રકાચના કેન્દ્રથી નજીક પડે છે અને તે વિપુલ થઇ વસ્તુને મોટી અને નજીક દેખાડે હસ્ત દૂરબીન (binoculars) માં દૂરબીન જેવીજ રચના હોય છે. માત્ર વસ્તુકાચ અને નેત્રકાચની વચ્ચેનું લાંબું અંતર બે ત્રિપાર્શ્વ કાચ રાખી તેમાંથી કિરણના ત્રણવાર પરાવર્તન કરી ટુંકાવવામાં આવેલું હોય છે. પેરિસ્કોપ સબમરીનમાં વપરાય છે. સમુદ્રની સપાટીના વસ્તુના કિરણો એના મુખમાં દાખલ થઇ ત્રિપાર્શ્વ કાચ વડે કાટખૂણે વળીને નળીમાં દાખલ થાય છે અને બીજે છેડે પાછા એવાજ કાચ વડે કાટખૂણે વળીને નેત્રકાચમાં દાખલ થાય છે અને બહારથી વસ્તુ અંદરથી દેખાય છે.

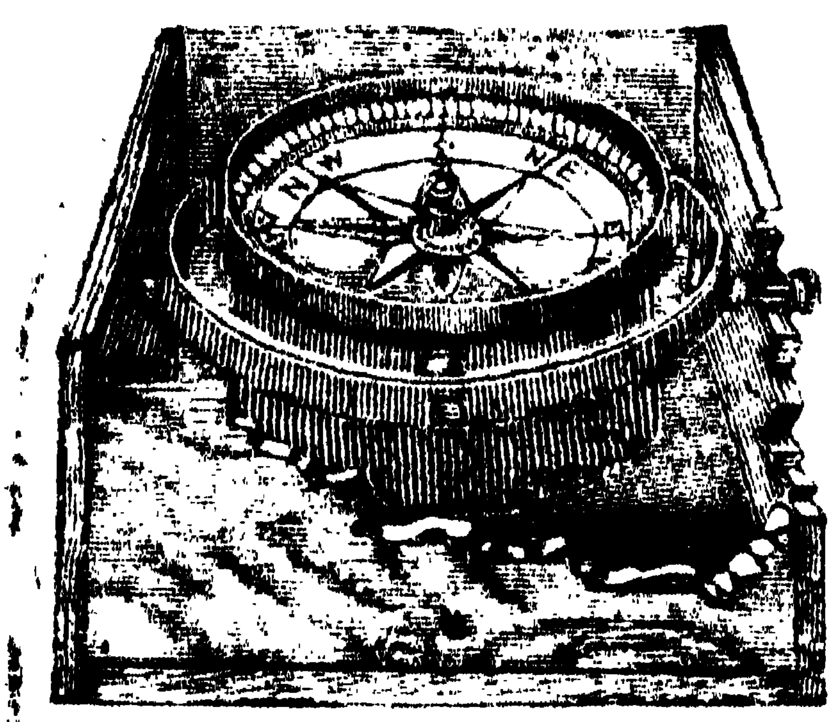
૬. એક જ જગ્યાએ વારાફરતી હલનચલનના જુદી જુદી સ્થિતિના ચિત્રો અનુક્રમે એક સેકન્ડના ૧૬ કરતા વધુ સંખ્યામાં પાડવામાં આવે તો તે ચિત્રો હાલતાં ચાલતાં દેખાય છે. સિનેમેટોગ્રાફ એ જાદુઇ ફાનસ જેવું સાધન છે, માત્ર વારાફરતી એક પછી એક ચિત્ર પડદા ઉપર પડે તેવી રચના તેમાં કરવામાં આવેલી છે.

પ્રકરણ ૨૨

ચુંબકત્વ (Magnetism)

૧. લોહચુંબક Magnet કેટલાયે સૈકાઓ થયા એ જાણીતી વાત છે કે લોખંડની મેગ્નેટાઇટ નામની કાચી ખનિજ ધાતુમાં લોખંડનાં ટુકડાને આકર્ષણ કરવાનો ગુણ રહેલો છે. ઇ. સ. પૂર્વે ૧૦૦૦ વર્ષ પહેલાં ચિનના વિસ્તૃત સપાટ પ્રદેશમાં મુસાફરી કરતાં ગાડાંની દિશાચૂક ન થાય તેટલા માટે ગાડાં ઉપર એક લાંબા હાથવાળું ગોળ ફરે એવું માણસનું પુતળું જડીને રાખવામાં

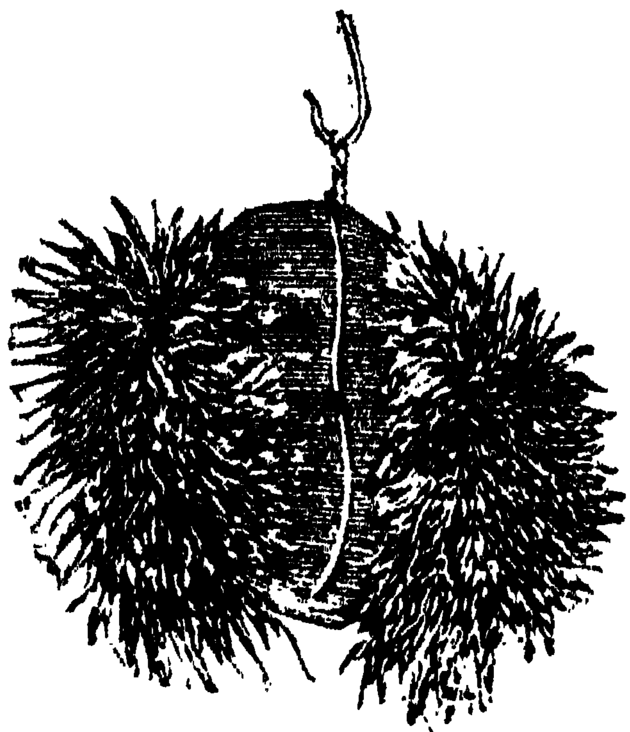
આકૃતિ (૨૧૪)



હોકાયંત્ર

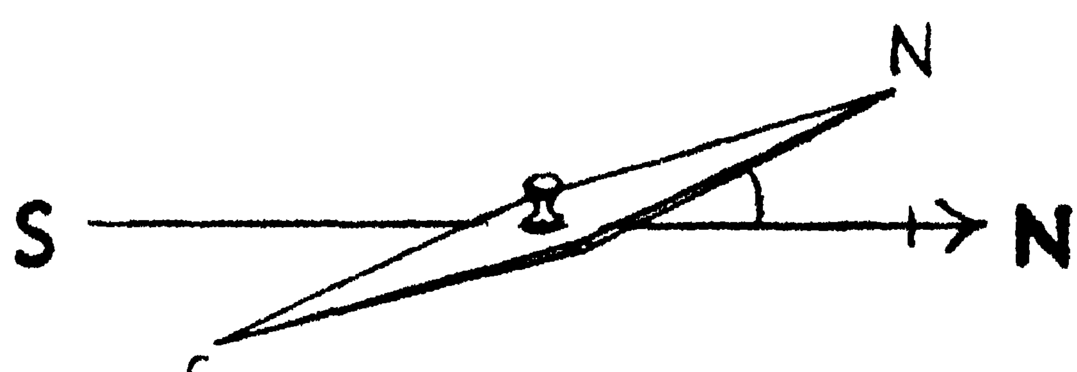
આવતું હતું. એ પુતળાંનો હાથ હમેશાં ઉત્તર તરફ જ દેખાડતો. એ વખતે ચિનના લોકોને લોહચુંબકની માહિતી હતી એમ લાગે છે. ઇ. સ. ના ત્રીજા સૈકામાં ચિનના વહાણવટીઓએ લોહચુંબકની સોય (needle) નો હોકાયંત્ર (compass) તરીકે ઉપયોગ કર્યો હતો (આકૃતિ ૨૧૪). યુરોપમાં લોહચુંબકની શોધ ઘણી મોડી થઇ હતી. થેસેલીના મેગ્નેસિયા નામના પરગણામાં લોહચુંબક પ્રથમ જડયો હોવાથી એને મેગ્નેટ (magnet) નામ આપવામાં આવ્યું હતું. જે કુદરતી ખનિજ (piece of ore) માં આ ગુણ હોય તેને "કુદરતી લોહચુંબક (natural magnet)" કહેવામાં આવે છે.

આકૃતિ (૨૧૫)



પ્રયોગ:–એક કુદરતી લોહચુંબકને વચ્ચેથી લટકાવો. એના બે અણીવાળા છેડા કયી દિશામાં રહે છે તે જુઓ (આકૃતિ ૨૧૫). એ બન્ને છેડાને બીજી દિશામાં રાખવાનો પ્રયત્ન કરી જુઓ. એ જ પ્રમાણે એક લોહચુંબક સોયને (આકૃતિ ૨૧૬) લઇને ઉપરનો પ્રયોગ કરી જુઓ. એ સર્વ કયી દિશામાં સ્થિર રહે છે? લોખંડના સળિયાને એ જ પ્રમાણે લટકાવી પ્રયોગ કરી જુઓ.

આકૃતિ ૨૧૬



ઘણા પ્રાચિન કાળથી બનાવટી લોહચુંબક ઉત્પન્ન કરવાની રીતની લોકોને માહિતી હતી, પરંતુ ૧૨ મી સદી સુધીમાં લોકોને એમ ખબર ન હતી કે લોહચુંબકને લટકાવવાથી તે હમેશાં ઉત્તરદક્ષિણ દિશામાં જ રહે છે. ઉપરના પ્રયોગથી માલૂમ પડે છે કે કુદરતી લોહચુંબકના એકાદ અણીવાળા પથ્થરને વચ્ચેથી દોરી વડે લટકાવીએ તો તેના બે છેડા હંમેશાં ઉત્તરદક્ષિણ જ રહે છે. આ કારણને લીધે કુદરતી લોહચુંબકને દિશાસૂચક પથ્થર (lodestone or leading stone) કહેવામાં આવતો. એકાદ લોખંડના ટુકડાને કુદરતી લોહચુંબકની સાથે એક જ દિશમાં ઘસીએ તો એ ટુકડામાં પણ ચુંબકત્વ

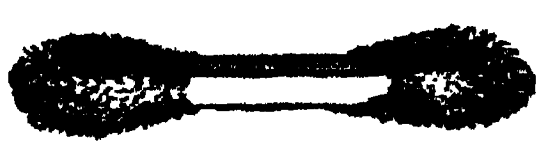
(magnetism) આવે છે. તેને પણ વચ્ચેથી લટકાવીશું તો તેના છેડા ઉત્તરદક્ષિણ દિશામાં જ રહેશે.

૨. લોહચુંબકના પ્રકાર

લોહચુંબકના મુખ્ય બે પ્રકાર છેઃ (૧) કુદરતી લોહચુંબક (આકૃતિ ૨૧૫) અને (૨) બનાવટી લોહચુંબક. બનાવટી લોહચુંબક, ત્રણ ઘાટના હોય છેઃ (૧) ગજિયો લોહચુંબક (bar magnet) (૨) ઘોડા-નાળ લોહચુંબક (horse-shoe) અને (૩) સોય લોહચુંબક (magnetic needle). એ સઘળા લોહચુંબક આકૃતિ (૨૧૭) માં બતાવ્યા છે. કુદરતી લોહચુંબક જમીનમાંથી મળી આવે છે. ગજિયા લોહચુંબકને કુદરતી લોહચુંબક સાથે ઘસવાથી તૈયાર

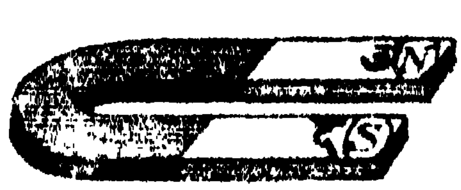
આકૃતિ ૨૧૭

(૧)



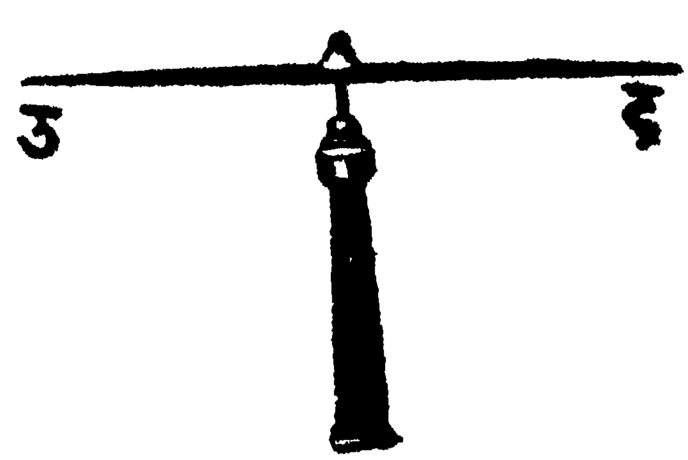
ગજીયો લોહચુંબક

(૨)



ઘોડા-નાળ લોહચુંબક

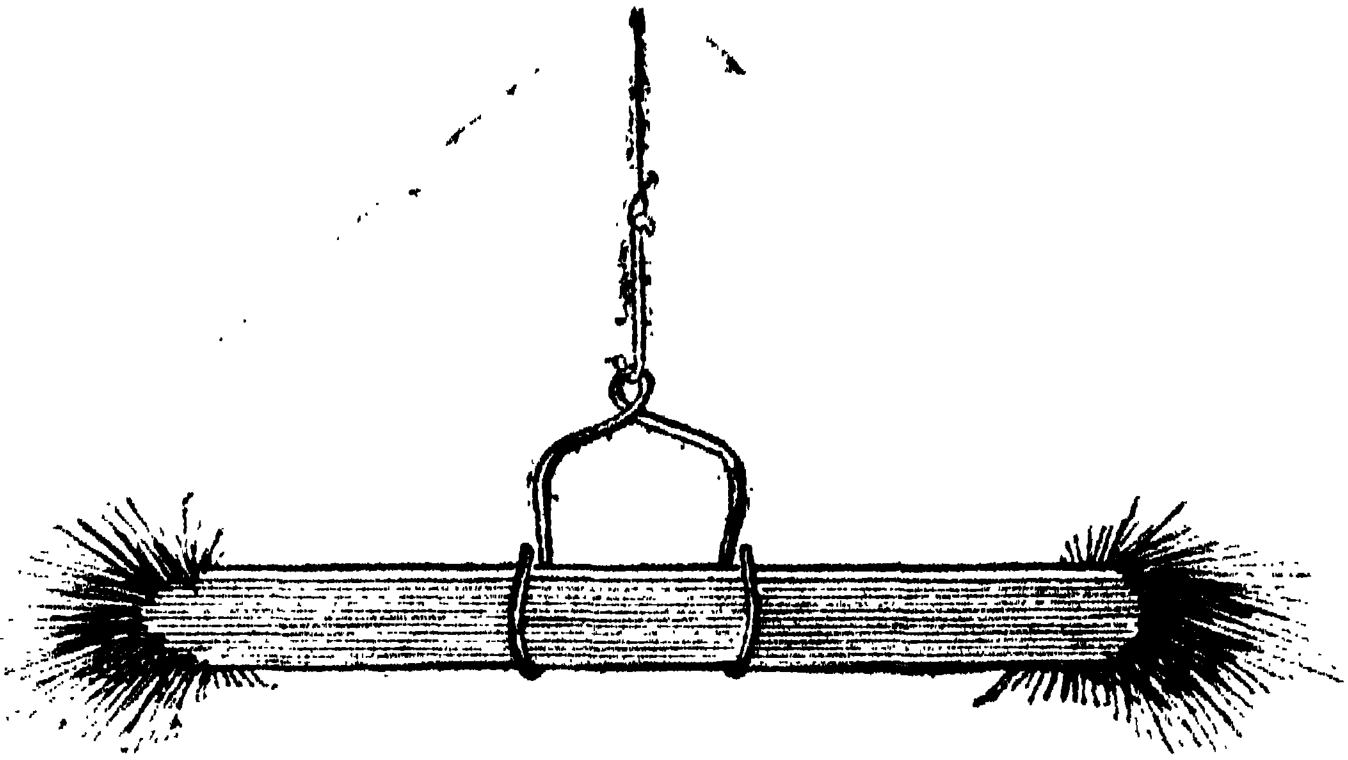
(૩)



લોહચુંબક સોય

કરી શકાય છે અથવા એક લોખંડના ટુકડા (bar) ની ફરતે તાર વિંટાળી તે તારમાંથી વિદ્યુત પસાર કરવાથી વિદ્યુત-લોહચુંબક તૈયાર થાય છે. ઘોડાનાળ લોહચુંબક લોખંડના વજન ઊંચકવામાં વધુ ઉપયોગી નીવડે છે. સોય લોહચુંબક ખાસ કરીને હોકાયંત્ર બનાવવામાં ઉપયોગી થાય છે.

આકૃતિ ૨૧૮



૩. લોહચુંબકના ધ્રુવ
Poles of a magnet

પ્રયોગ :—એક કુદરતી લોહચુંબકને લોખંડના વહેર (iron filing)માં નાંખીને બહાર કાઢો. લોખંડનો વહેર વધુ જથ્થામાં કયી બાજુએ વળગેલો રહે છે તે જુઓ (આકૃતિ ૨૧૫). હવે એ લોહચુંબકને વચ્ચેથી લટકાવી જુઓ કે વધુ વળગેલા છેડા કયી દિશામાં રહે છે?

આકૃતિ ૨૧૯



ઉપરનો પ્રયોગ એક લોહચુંબક સોયને લઇને કરો આકૃતિ (૨૧૯). બનાવટી લોહચુંબક લઇ ફરીથી કરો.

(૨):—એક ગજિયા લોહચુંબકની ઉપર મધ્યથી છેડા સુધી બન્ને બાજુ સરખે અંતરે ચાકથી નિશાની કરો. હવે એ લોહચુંબકને વચ્ચેથી લટકાવો. નિશાનીવાળી જગ્યાએ નાની લોખંડની ચૂંક લટકાવો. એ ચૂંકની નીચે બીજી લટકાવો પ્રત્યેક નિશાની કરેલા સ્થળે વધુમાં વધુ કેટલી ચૂંક વળગી રહે છે તેની નોંધ કરો. મધ્યમાં ચૂંક વળગી રહે છે કે? લોહચુંબકનું ચૂંબકબળ ગજિયા ઉપર કેવી રીતે વહેંચાયેલું છે તેની નોંધ કરો. કયે સ્થળે સૌથી વધુ ચુંબકબળ રહેલું છે?

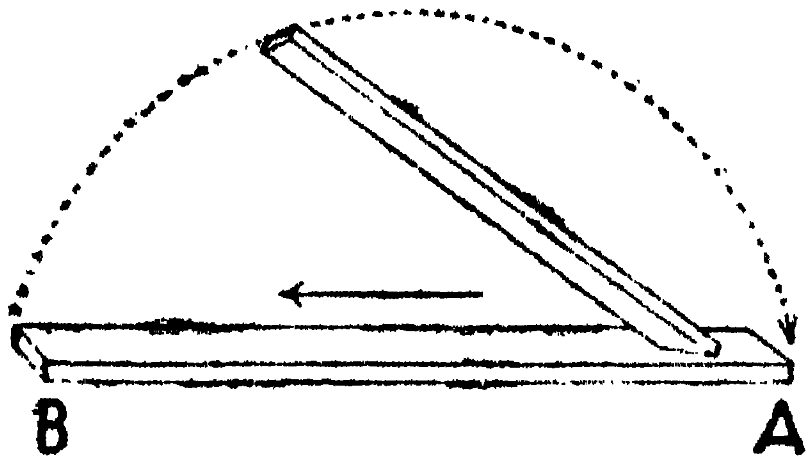
ઉપરનાં પ્રયોગોમાંથી માલૂમ પડે છે કે લોહચુંબકને લોખંડના વહેર (iron filings) માં નાંખીને કાઢી લેતાં દરેક છેડે ઘણા પ્રમાણમાં લોખંડના રજકણો ચોંટી જાય છે; પરંતુ વચ્ચેના ભાગમાં લગભગ નહિ જેવાં જ રજકણો ચોંટશે. પ્રયોગ ઉપરથી એમ લાગે છે કે બન્ને છેડાના ભાગમાં લોખંડનાં રજકણોને આકર્ષવાનું બળ વિશેષ હોય છે અને મધ્યમાં એ બળ નહિ જેવું જ હોય છે. આથી જ્યાં આકર્ષણ બળ વિશેષ છે એ બન્ને છેડાને ધ્રુવ (pole) કહેવામાં આવે છે. લોહચુંબકને લટકાવતાં જે છેડો ઉત્તર દિશા તરફ રહેતો હોય તેને "ઉત્તર ધ્રુવ (north pole)" અથવા ઉત્તર દિશા બતાવતો ધ્રુવ કહેવામાં આવે છે અને જે છેડો દક્ષિણ દિશામાં રહે છે તેને "દક્ષિણ ધ્રુવ (south pole)" કહેવામાં આવે છે. ઉત્તર અને દક્ષિણ ધ્રુવને અનુક્રમે માત્ર ઉ અને દ વડે દર્શાવાય છે. અંગ્રેજીમાં ઉત્તર ધ્રુવને N (north pole) અને દક્ષિણ ધ્રુવને S (south pole) વડે દર્શાવવામાં આવે છે. કોઇપણ લોહચુંબકના ઉત્તર અને દક્ષિણ ધ્રુવને જોડનારી લીટીને લોહચુંબકની ધરી (axis) કહેવામાં આવે છે.

૪. લોહચુંબક તૈયાર કરવાની રીત

પ્રયોગ (૧):–એક લોખંડના સળિયાને લઇ તેના ઉપર લોહચુંબકના એક છેડા વડે એક બાજુથી બીજી બાજુ A થી B તરફ (આકૃતિ ૨૨૦)માં બતાવ્યા મુજબ ઘસો. (લોહચુંબક માત્ર એક જ દિશામાં ઘસવો જોઇએ.) હવે એ સળિયાને લોખંડના વહેરમાં નાંખી જુઓ. વહેર એના છેડાને વળગે છે કે ? AB સળિયામાં ચુંબકત્વ આવે છે.

૨:–એક લોખંડની સોય લઇને તેની મધ્યે એક લોહચુંબકનો ઉ અને બીજાનો દ ધ્રુવ રાખો. હવે બન્ને ધ્રુવને દૂર ખેંચો.

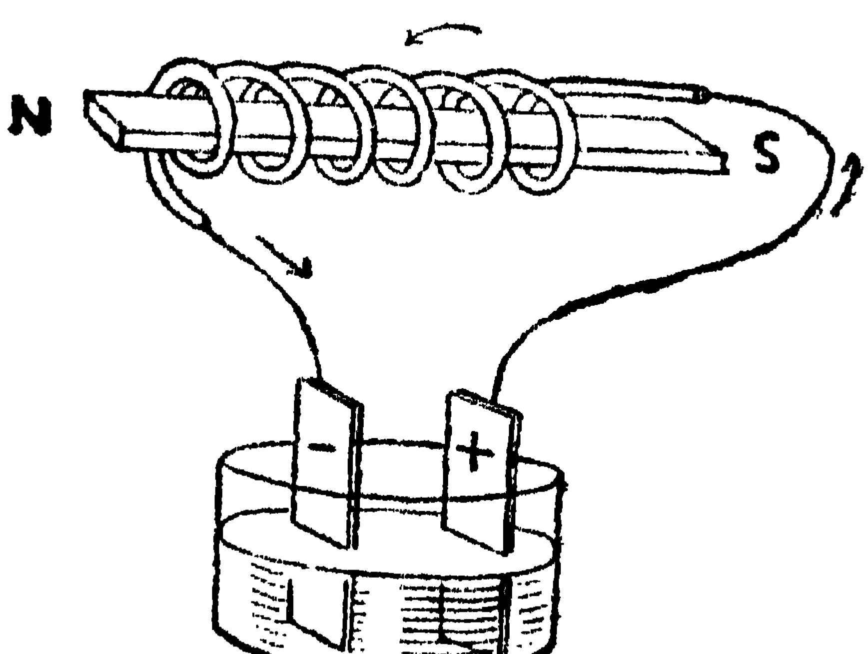
આકૃતિ ૨૨૦



ફરીથી બન્ને ધ્રુવને વચ્ચે મૂકી ઉપર પ્રમાણે ખેંચો. પાંચદશ વખત એ પ્રમાણે કર્યા પછી સોયને લોખંડના વહેરમાં નાંખી જુઓ કે તેમાં ચુંબકત્વઆવ્યું છે કે નહિ.

પ્રયોગ (૩):—આકૃતિ (૨૨૧) માં બતાવ્યા મુજબ એક ભરતર લોખંડનો સળિયો લઇ તેની ફરતે એક વિદ્યુતવાહક તાર વિંટાળો. વિદ્યુતવાહક તાર એ સળિયાને અડવો ન જોઇએ એટલા માટે અલગ કરેલો એટલે કે કપડાં અગર રબરથી ઢાંકેલો તાર લેવો. હવે એ તારના બન્ને છેડાને એક વિદ્યુતકોષ (electric cell) ને જોડો. એ તારમાંથી તીરથી બતાવ્યા પ્રમાણે વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થશે. હવે એ ભરતર લોખંડના છેડાને લોખંડના વહેરમાં દાખલ કરી જુઓ કે એમાં ચુંબકત્વ આવ્યું છે કે નહિ. વિદ્યુતપ્રવાહ બંધ કરી જુઓ કે લોખંડના સળિયામાં ચુંબકત્વ રહ્યું છે કે નહિ ? આવી જ જાતનો પ્રયોગ ઘડતર લોખંડનો સળિયો લઇ કરો, અને વિદ્યુતપ્રવાહને લાંબો વખત ચાલુ રાખો. એ સળિયામાં ચુંબકત્વ આવે છે કે ? વિદ્યુતપ્રવાહ બંધ કરી જુઓ કે સળિયામાં ચુંબકત્વ રહ્યું છે કે નહિ ?

આકૃતિ ૨૨૧



ઉપરના પ્રયોગ (૧) અને (૨) ઉપરથી સમજાય છે કે લોખંડના ટુકડા ઉપર અમુક રીતે લોહચુંબક વડે ઘસવામાં આવે તો તેમાં ચુંબકત્વ આવે છે; ભરતર લોખંડની ફરતે તાર વિંટાળી તે તારમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરીએ તો પ્રયોગ (૩) માં બતાવ્યા પ્રમાણે તેમાં ચુંબકત્વ આવે છે,

અને બન્ને છેડા ઉપર લોખંડનો વહેર વળગી જાય છે; પરંતુ વિદ્યુતપ્રવાહ બંધ થાય એટલે એ સળિયામાં ચુંબકત્વ રહેતું નથી. ઘડતર લોખંડ (સ્ટિલ) માનું ચુંબકત્વ વિદ્યુતપ્રવાહ બંધ થાય પછી લાંબો વખત ટકી રહે છે. કાયમી લોહચુંબક બનાવવા માટે સ્ટિલ (ઘડતર લોખંડ) જ વપરાય છે, અને ક્ષણિક ચુંબકત્વ લાવવા માટે ભરતર લોખંડ (soft iron) વપરાય છે. આવી જાતના વિદ્યુતપ્રવાહ ફરતેથી પસાર થવાથી જે ક્ષણિક લોહચુંબક તૈયાર થાય છે, તેને વિદ્યુતચુંબક (electro-magnet) કહેવામાં આવે છે. આકૃતિ (૨૩૩) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એવા વિદ્યુતચુંબક વડે મોટાં વજન ઊંચકી શકાય છે, પરંતુ જેવો વિદ્યુતપ્રવાહ બંધ પડે કે તુરત તેમાંનું ચુંબકત્વ જતું રહેવાથી વજન નીચે પડે છે.

૫. ચુંબકત્વ નાશ કરવાની રીત

પ્રયોગ (૧):—એક નાના લોહચુંબકને લાંબો વખત સુધી ખૂબ તપાવો. તેમાં ચુંબકત્વ રહ્યું છે કે?

(૨):—એક લોહચુંબકને વારંવાર પછાડો અથવા લોખંડના હથોડા વડે લાંબો વખત ટીપો. એમાં ચુંબકત્વ રહ્યું છે કે?

(૩):—એક લોહચુંબક સોયના દ ધ્રુવ ઉપર બીજા તેજદાર લોહચુંબકનો ઉ ધ્રુવ મુકો અને તેને સોયના બીજા ધ્રુવ તરફ જોરથી દબાવી ખેંચો. પાંચ દશ વખત આમ કર્યા પછી લોહચુંબક સોયમાં ચુંબકત્વ રહ્યું છે કે તે તપાસો.

ઉપર બતાવ્યા પ્રમાણે લોહચુંબક ખૂબ તપાવીએ, વારંવાર પછાડીએ, હથોડા વડે ટીપીએ અથવા પ્રયોગ (૩) માં બતાવ્યા પ્રમાણે ઊલટી દિશાનું ચુંબકત્વ આપીએ એટલે ચુંબકત્વ બળનો નાશ થાય છે.

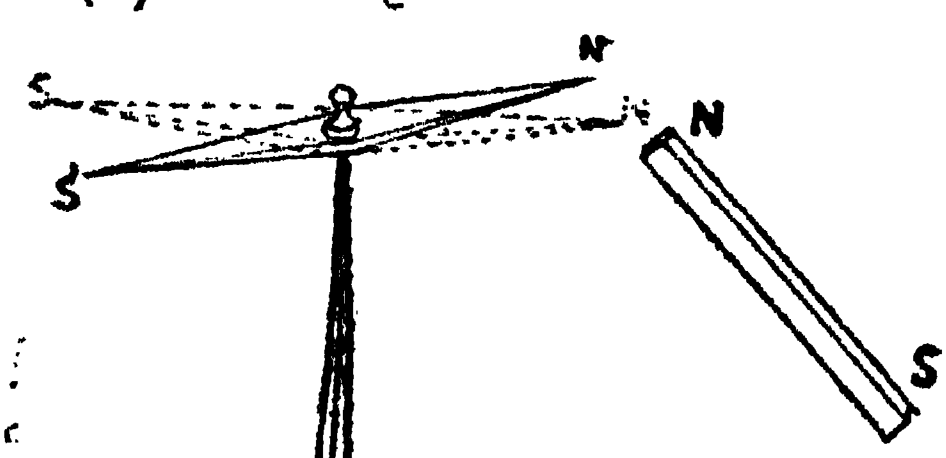
૬. લોહચુંબકના આકર્ષણ અને અપાકર્ષણના નિયમો
Laws of magnetic attraction and repulsion.

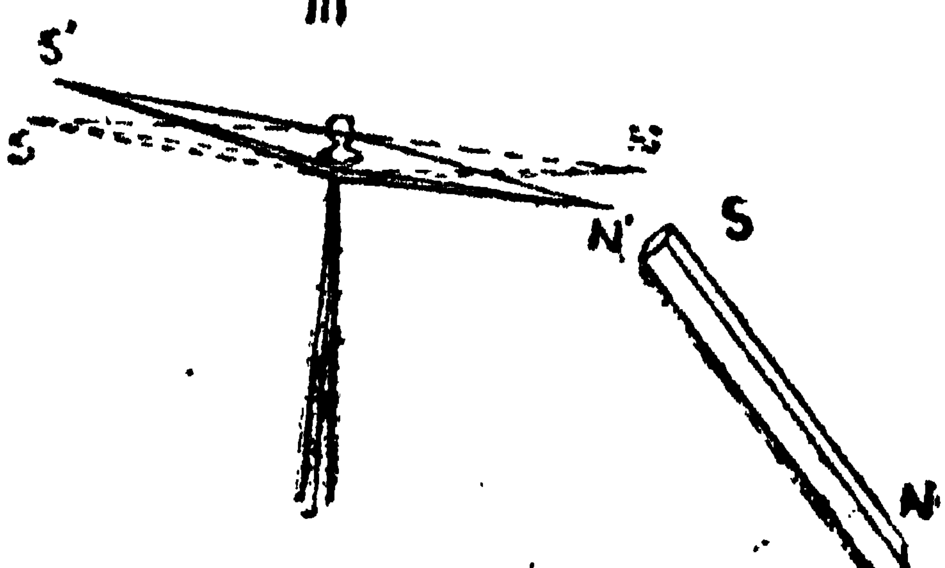
પ્રયોગઃ–આકૃતિ (૨૨૨ '૧' માં બતાવ્યા મુજબ એક અણીવાળા સળિયા ઉપર રાખેલી સોયના ઉત્તર ધ્રુવની નજીક બીજા ગજિયા લોહચુંબકનો ઉત્તર ધ્રુવ લાવો. ધીમે ધીમે એ ગજિયાના છેડાને સોયની ફરતે ફેરવો. પરિણામ શું આવે તેની નોંધ કરો.

હવે લોહચુંબક સોયના દક્ષિણ ધ્રુવની નજીક ગજિયા લોહચુંબકનો ઉત્તર છેડો લઇ જાઓ (આકૃતિ ૨૨૨ '૨') અને જુઓ કે પરિણામ શું આવે છે.

લોહચુંબક સોયની નજીક તેજદાર ગજિયો લોહચુંબક લાવતાં ગજિયા લોહચુંબકના N ધ્રુવ વડે સોયનો N છેડો અપાકર્ષાય છે. જો ગજિયા લોહચુંબકનો S ધ્રુવ સોયના N ધ્રુવની નજીક લઇ જઈએ તો એ બન્ને વચ્ચે આકર્ષણ (attraction) થાય છે. એ જ પ્રમાણે જો ગજિયાનો N ધ્રુવ સોયના બન્ને છેડા નજીક વારાફરતી લાવીએ તો માલૂમ પડે છે કે સોયનો S ધ્રુવ આકર્ષાય છે અને N ધ્રુવ અપાકર્ષાય છે અને દૂર હઠે છે. એ જ પ્રમાણે કોઇપણ બે લોહચુંબકના વિજાતીય (opposite) ધ્રુવને નજીક લાવીએ તો તે એની વચ્ચે આકર્ષણ થાય છે અને બે સજાતીય ધ્રુવ

(૧) આકૃતિ ૨૨૨





(૨)

નજીક લાવીએ તો અપાકર્ષણ થાય એ આ ઉપરથી એક સામાન્ય નિયમ નીચે પ્રમાણે મળે છે.

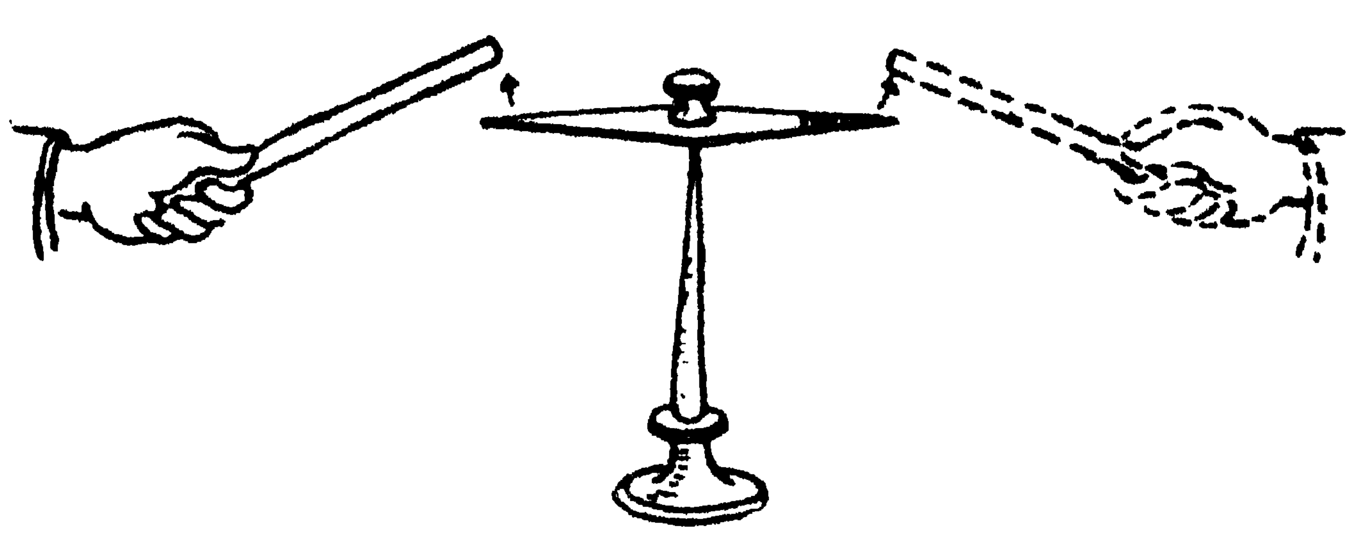
"સજાતીય ધ્રુવ એક બીજાને અપાકર્ષે છે અને વિજાતીય ધ્રુવ એક બીજાને આકર્ષે છે. Like poles repel each other and unlike poles attract each other."

૭. લોહચુંબકના ધ્રુવ પારખવાની રીત

પ્રયોગ:—એક સોયને અણીવાળા સળિયા ઉપર આકૃતિ (૨૨૩) માં બતાવ્યા પ્રમાણે મૂકો. સરખા દેખાવનો એક લોખંડનો સળિયો અને એક લોહચુંબક લો. એમાંથી એક સળિયાના છેડાને એ સોયના બન્ને છેડા તરફ વારાફરતી લઇ જાઓ. ધારો કે એક સોયના છેડા તરફ લઇ જતાં આકર્ષણ થાય છે અને બીજી તરફ અપાકર્ષણ થાય છે.

હવે બીજા સળિયાના છેડાને લોહચુંબક સોયના બન્ને છેડા તરફ વારાફરતી લઇ જતાં દરેક બાજુએ માત્ર આકર્ષણ જ થતું માલૂમ પડે

આકૃતિ ૨૨૩.



છે (આકૃતિ ૨૨૩). સળિયાનો બીજો છેડો સોય તરફ લઇ જતાં પણ એ જ પરિણામ આવે છે.

ઉપરના પ્રયોગો ઉપરથી શું અનુમાન કરો છો? બન્ને સળિયા એક સરખા છે કે જે જુદા પ્રકારના? એમાંથી લોહચુંબક કયો છે? લોહચુંબકના ધ્રુવ કેમ પારખશો.

આપણી પાસે એક લોહચુંબક હોય તો તેના ધ્રુવ પારખવા માટે તેને વચ્ચેથી લટકાવીએ તો ઉ ધ્રુવ ઉત્તર દિશામાં રહેશે અને દ ધ્રુવ દક્ષિણ દિશામાં રહેશે. ધારો કે એ ચુંબક મોટો હોય અને લટકાવી શકાય એવો ન હોય તો એના ધ્રુવ પારખવા માટે નીચેની એકાદ રીત આપણે અજમાવવી પડશે. એક લોહચુંબુકની સોય અથવા હોકાયંત્રની સોય લઈને તેની નજીક આપેલા લોહચુંબકના બન્ને છેડાને વારાફરતી લાવો. સોયનો ઉ ધ્રુવ જે છેડા વડે આકર્ષાય છે તે લોહચુંબુકનો વિજાતીય ધ્રુવ એટલે દ ધ્રુવ હોવો જોઈએ એમ ખાતરી થાય છે. એજ પ્રમાણે લોહચુંબકનો બીજો છેડો ઉ ધ્રુવ હોવો જોઈએ અને તેથી તેને સોયની નજીક લાવતાં તે સોયના દ ધ્રુવને આકર્ષશે.

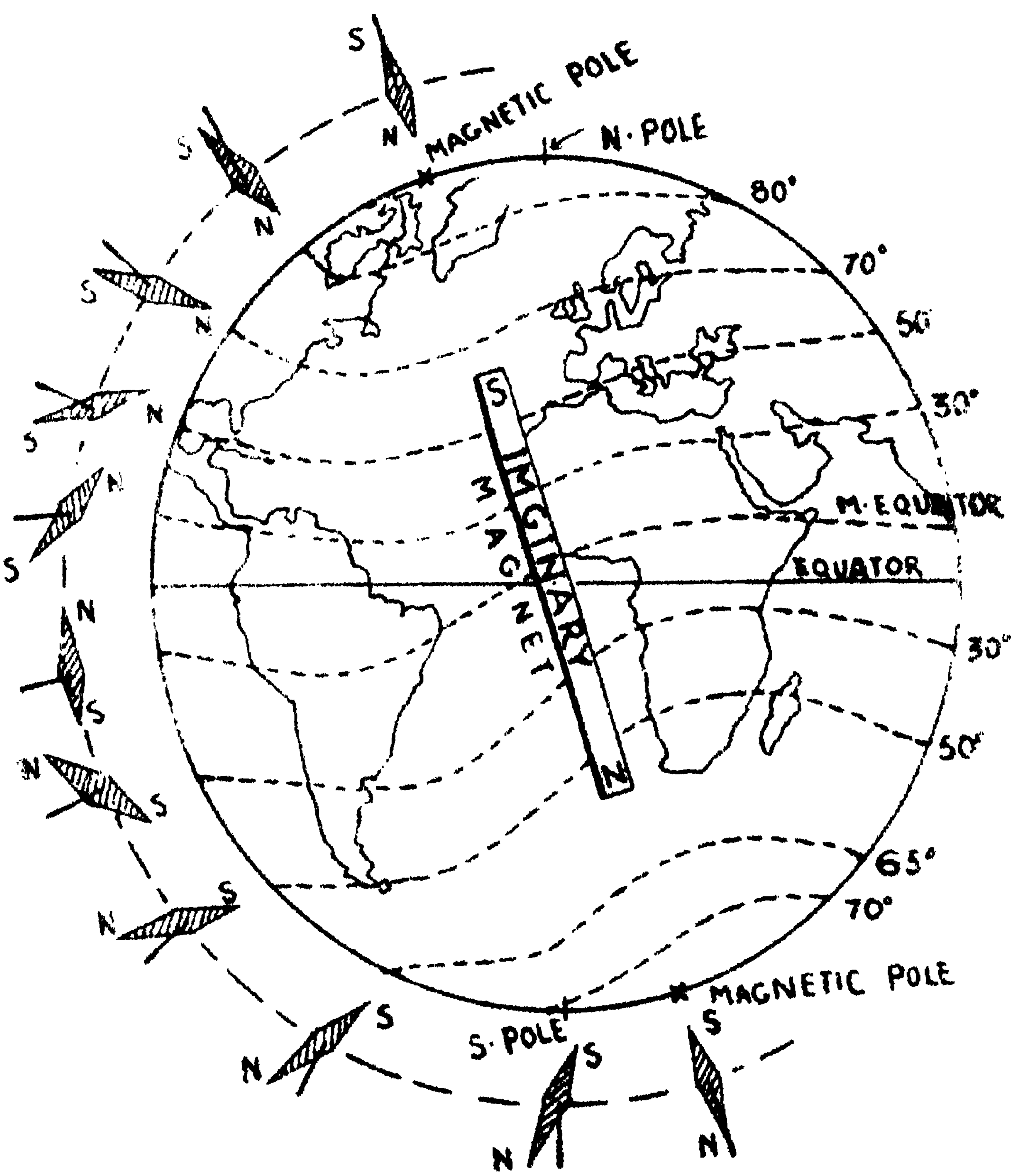
ઉપરના પ્રયોગમાં આપણને એક લોખંડનો અને લોહચુંબકનો સળિયો આપ્યો હોય તો તેમાં લોહચુંબક અને સાદો લોખંડનો ટુકડો કયો તે આપણાથી એમ ને એમ પારખી શકાશે નહિ; કારણ કે લોહચુંબક અને લોખંડના સળિયાની વચ્ચે માત્ર આકર્ષણ થાય છે. લોહચુંબકનો ગમે તે છેડો લોખંડના ટુકડાના ગમે તે છેડા તરફ લાવો તો પણ તે બેની વચ્ચે આકર્ષણ જ થાય છે અને તે બેમાં લોખંડનો ટુકડો કયો અને લોહચુંબક કયો તે એમને એમ કહી શકાતું નથી.

હવે ધારો કે એક લોહચુંબક સોયની નજીક એક સળિયો લાવીએ અને એમ માલૂમ પડે કે એ સળિયો સોયના બન્ને ધ્રુવને બન્ને છેડે આકર્ષે છે અને અપાકર્ષણ બિલકુલ થતું નથી, તો આપણી ખાતરી થાય છે કે તે સળિયામાં ચુંબકત્વ નથી; નહિતર લોહચુંબકનો સળિયો હોય તો

તેનો એક છેડો ધ્રુવને આકર્ષશે, પરંતુ બીજો તેજ ધ્રુવને અપાકર્ષશે. આ ઉપરથી ખાતરી થાય કે લોહચુંબકની પરીક્ષા માટે અપાકર્ષણ જ આધારભૂત ગણી શકાય.

૮. લોહચુંબક ઉત્તર દક્ષિણ જ શાથી રહે છે? લોહચુંબકની સોય અથવા એક સળિયો લટકાવીએ તો એ ઉત્તરદક્ષિણ જ રહે છે. એનું કારણ ઉપર બતાવેલા આકર્ષણના અને અપાકર્ષણના નિયમ વડે

આકૃતિ ૨૨૪



પૃથ્વી એક લોહચુંબક છે.

સમજી શકાય છે. પૃથ્વીના પેટાળ અથવા ભીતરમાં જે દ્રવ્ય રહેલું છે, તેને એક મોટા લોહચુંબક રૂપ તરીકે ગણી શકાય. એટલે આકૃતિ (૨૨૪) માં બતાવ્યા મુજબ પૃથ્વીના પેટાળમાં એક ઘણો મોટો લોહચુંબક છે એમ માનીએ તો ચાલશે. પૃથ્વીના લોહચુંબકનો એક ધ્રુવ ઉત્તર તરફ આવેલો છે અને બીજો ધ્રુવ દક્ષિણ તરફ આવેલો છે. આ બે ધ્રુવના આકર્ષણને લીધે દરેક લોહચુંબક ઉત્તરદક્ષિણ જ રહે છે. એક લોહચુંબકનો જે છેડો ઉત્તર દિશા તરફ આકર્ષાય છે તેને આપણે ઉત્તર દિશા બતાવતો ધ્રુવ અથવા ઉત્તર ધ્રુવ કહીએ છીએ અને દક્ષિણ દિશા તરફ આકર્ષતા ધ્રુવને દક્ષિણ દિશા બતાવતો અથવા દક્ષિણ ધ્રુવ કહીએ છીએ. હવે આકર્ષણના નિયમ પ્રમાણે હંમેશાં બે વિજાતીય ધ્રુવો એક બીજાને આકર્ષે છે એટલે પૃથ્વીની ઉત્તર દિશા તરફનો ધ્રુવ અને લોહચુંબકનો ઉત્તર તરફનો ધ્રુવ એ એકબીજાથી વિરૂધ્ધ પ્રકારના હોવા જોઇએ. આથી આપણે એમ કહી શકીએ કે પૃથ્વીની ઉત્તરમાં આવેલો ધ્રુવ દક્ષિણ ધ્રુવ જેવો છે અને તેથી જ દરેક લોહચુંબકના ઉત્તરધ્રુવને તે દિશામાં આકર્ષે છે; અને દક્ષિણ દિશામાં આવેલો પૃથ્વીનો ધ્રુવ 'ઉત્તર ધ્રુવ'ના જેવો છે.

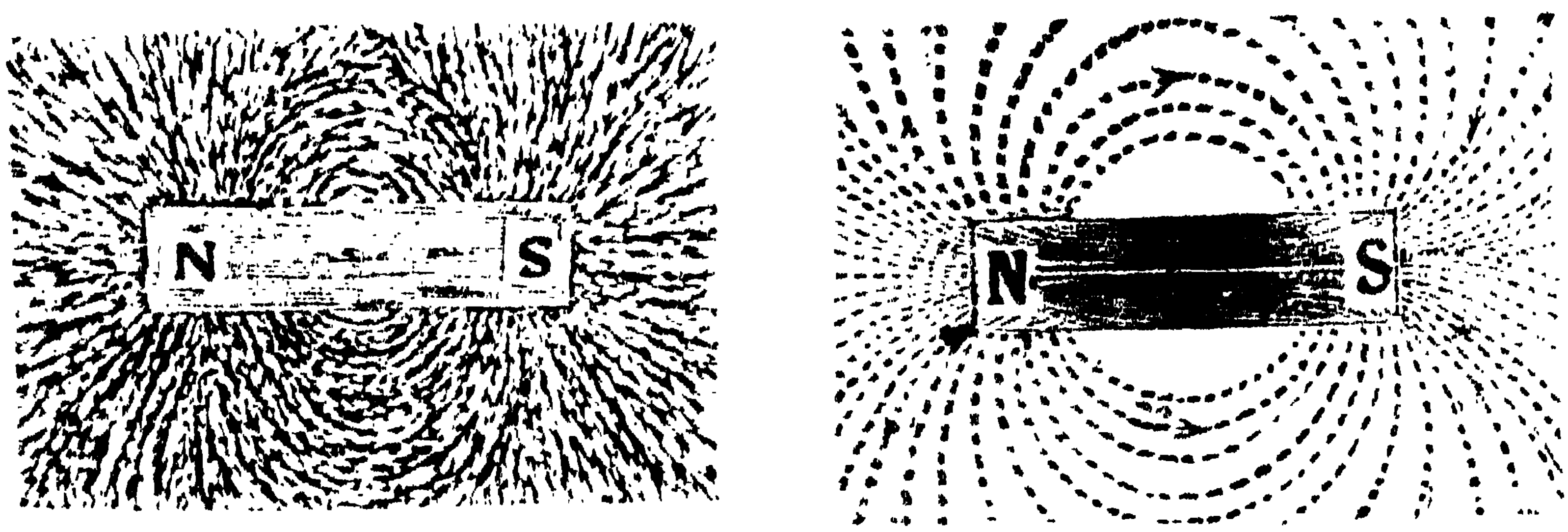
લોહચુંબક સોયને પૃથ્વીની સપાટી ઉપર જુદે જુદે સ્થળે રાખવામાં આવે તો તે આકૃતિ (૨૨૪)માં બતાવ્યા મુજબ રહે છે.

૯. ચુંબકબળ રેષાઓ
Magnetic lines of force

એક લોહચુંબકને કાગળ ઉપર મૂકી એક ચાળણી વડે લોખંડના વહેરની ભૂકી નાખશો અને કાગળને સહેજ હલાવશો તો આકૃતિ (૨૨૫'૧')માં બતાવ્યા મુજબ લોખંડનો વહેર રેસાબંધ ગોઠવાઇ જશે, અને માલૂમ પડશે કે લોહચુંબકની રેષાઓ એક છેડે શરૂ થઇ

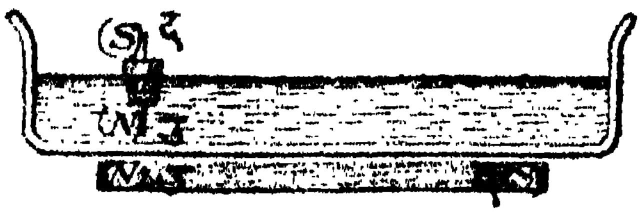
આકૃતિ ૨૨૫

(૧) (૨)



બીજા છેડા તરફ જાય છે. એને લોહચુંબકની બળરેષા અથવા ચુંબકરેષા (lines of force) કહેવામાં આવે છે. એકાદ નાની ચુંબક સોય લઇ એ રેષા ઉપર મૂકીશું તો માલૂમ પડશે કે દરેક ઠેકાણે એ સોય ચુંબકરેષાની દિશામાં રહે છે. આ ઉપરથી એમ લાગે છે કે લોહચુંબકને ફરતે દરેક જગ્યાએ ચુંબકરેષા લોહચુંબકના બળની દિશા સૂચવે છે. એકાદ લોખંડનો બારીક કણ લોહચુંબકની નજીક મુકયો હોય તો એ કણ એ રેષાને માર્ગ આકર્ષાઈ લોહચુંબકની નજીક જશે. જો ઊત્તર ધ્રુવની નજીક એક જગ્યાએ બીજા લોહચુંબકનો ઉત્તરધ્રુવ રાખવામાં આવે તો એ ધ્રુવ એ જગ્યાએથી નીકળતી ચુંબકરેષાને માર્ગે અપાકર્ષ થશે. જો એજ ધ્રુવને બીજી જગ્યાએ મૂકીએ તો એ ત્યાંથી નીકળતી બીજી ચુંબકરેષાને માર્ગે અપાકર્ષ થશે. આકૃતિ (૨૨૫'૨')માંની દરેક રેષા એ માર્ગ બતાવે છે. આ ઊપરથી ચુંબકરેષાની વ્યાખ્યા આપી શકાય કે "લોહચુંબક નજીક એક ઉત્તર ધ્રુવ રાખવામાં આવે તો તેનું જે માર્ગે અપાકર્ષણ થાય છે તેને ચુંબકરેષા કહેવામાં આવે છે; અને ચુંબકરેષા ઉત્તર ધ્રુવથી નીકળી દક્ષિણ ધ્રુવ તરફ જાય છે."

આકૃતિ ૨૨૬

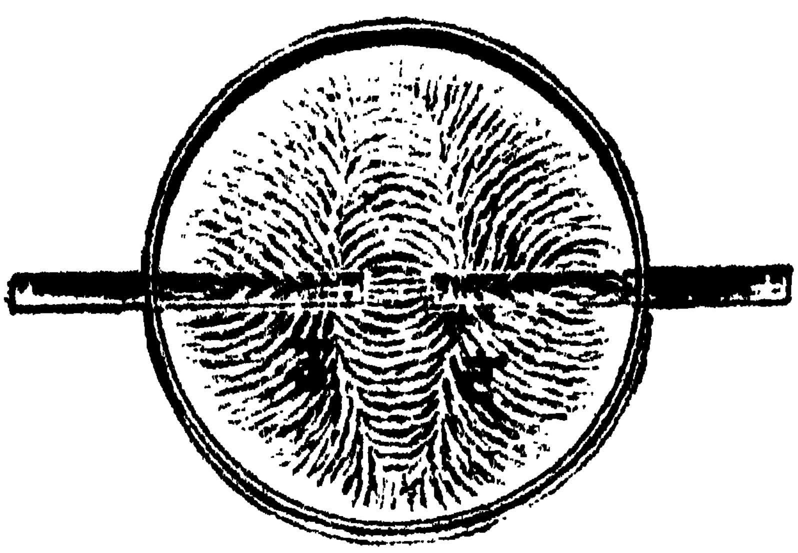


ઉપરની વ્યાખ્યા પ્રમાણે ચુંબકરેષા જોવી હોય તો આકૃતિ (૨૨૬)માં બતાવેલો પ્રયોગ કરવો પડશે.

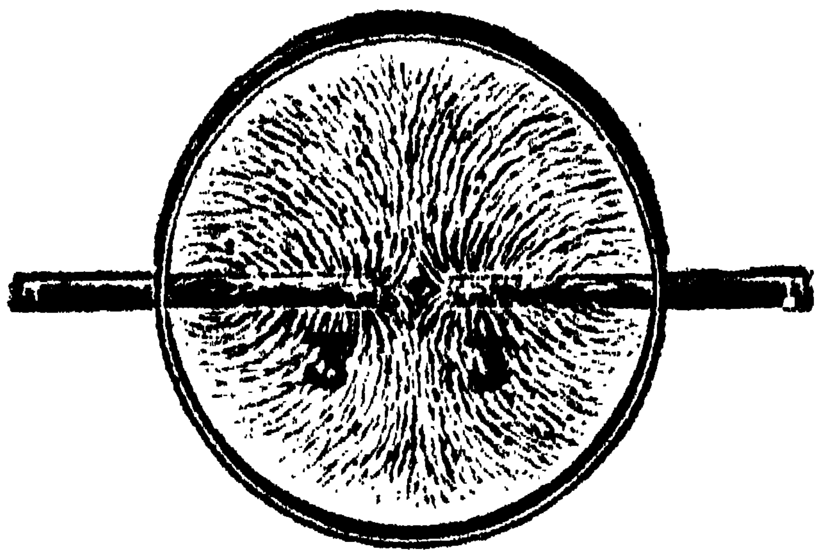
પ્રયોગ :—કાચના વાસણમાં એક લોહચુંબક રાખી અંદર થોડું પાણી નાંખો. એક બૂચને લઇ એની અંદર એક લોહચુંબક સોયને બતાવ્યા પ્રમાણે ઉભી ખોસી દો, કે જેથી તે સોયનો ઉત્તર ધ્રુવ નીચે રહે. એ બૂચને લોહચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવ નજીક લઇ જઇને છોડી દો, તો માલમ પડશે એ બૂચ અમુક રેષામાં દક્ષિણ ધ્રુવ તરફ આકર્ષાઇ જશે. બૂચને જુદી જુદી જગ્યાએ મૂકતાં તે ઠેકાણેની ચુંબકરેષાની દિશામાં ગતિ કરશે.

આકૃતિ ૨૨૭

(૧)



(૨)



જો એ વિજાતીય ધ્રુવને નજીક રાખી લોખંડના વહેર વડે ચુંબક રેષા તપાસીએ તો આકૃતિ(૨૨૭'૧')માં બતાવ્યા મુજબ એ રેષાઓ ઉ ધ્રુવમાંથી નીકળી દ ધ્રુવ તરફ જશે. પરંતુ જો એ સજાતીય ધ્રુવ રાખી વહેર નાંખીશું તો એ રેષા એક બીજાને અપાકર્ષતી હોવાથી આકૃતિમાં (૨૨૭ '૨') બતાવ્યા પ્રમાણે એકએકથી વિરૂદ્ધ દિશામાં ચાલી જશે.

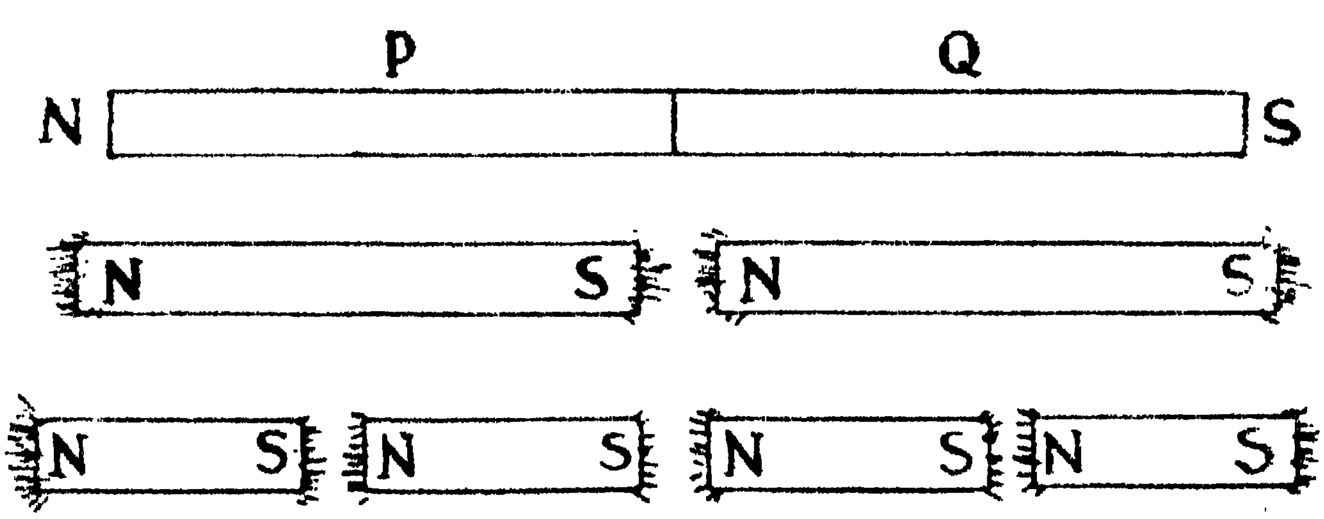
પૃથ્વીની સપાટી ઉપર પણ ચારે બાજુ આ પ્રકારની ચુંબક-રેષાઓ પ્રસરેલી છે અને એ રેષાઓ દક્ષિણ દિશામાંથી નીકળી

ઉત્તર દિશા તરફ જાય છે, કારણ કે દક્ષિણ દિશામાં પૃથ્વીના ચુંબકત્વનો ઉ ધ્રુવ આવેલો છે. જે દિશામાં લોહચુંબક સોય રહે છે તેને ચુંબકવૃત્ત (magnetic meridian) કહેવામાં આવે છે. આકૃતિ (૨૨૪) ઉપરથી સમજાય છે કે ચુંબકવૃત્ત એટલે પૃથ્વીના ઉત્તર અને દક્ષિણ ધ્રુવને જોડતી લીટીમાંથી પસાર થતું એક શિરોલંબ પૃષ્ઠ. બીજી બાબત એ સમજાય છે કે પૃથ્વીના ચુંબકધ્રુવ અને ભૌગોલિક ધ્રુવ એકજ સ્થળે આવેલા નથી. આથી ભૌગોલિક ઉત્તર દિશા અને લોહચુંબક વડે દર્શાવાતી ઉત્તર દિશા એક જ હોતી નથી.

૧૦. એક ધ્રુવવાળો લોહચુંબક હોતો નથી

એક લોહચુંબક સળિયાને વચ્ચેથી ભાંગી નાંખીએ તો એક ટુકડામાં ઉત્તર ધ્રુવજ રહેવો જોઇએ; પરંતુ આમ ન બનતાં દરેક ટુકડો પાછો આખા લોહચુંબક જેવો બની જાય છે અને આકૃતિ (૨૨૮) માં બતાવ્યા પ્રમાણે બે લોહચુંબક તૈયાર થાય છે. એ બન્ને ટુકડાના વળી પાછા બબ્બે ભાગ

આકૃતિ ૨૨૮



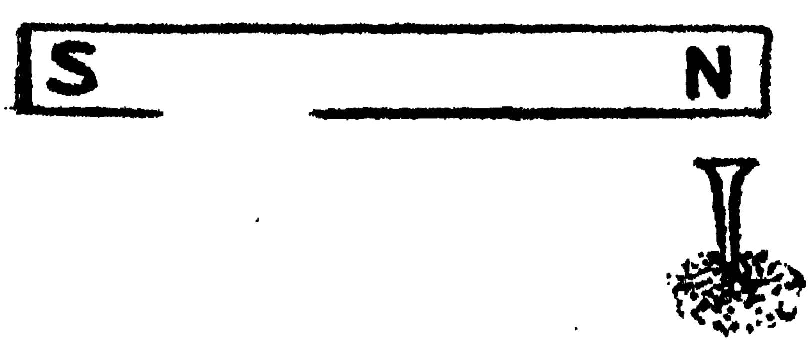
કરીએ તો નીચે બતાવ્યા મુજબ ચાર લોહચુંબક બને છે. ભાંગેલા ભાગોના ઉત્તર ધ્રુવવાળી બાજુના ટુકડામાં ભાંગેલી જગ્યાએ દક્ષિણ ધ્રુવ ઉત્પન્ન થાય છે અને બીજા ટુકડામાં

ઉત્તર ધ્રુવ ઉત્પન્ન થાય છે. આ ઉપરથી એમ લાગે છે કે લોહ-ચુંબકના ગમે તેટલા ટુકડા કરીએ તો પણ એ દરેકમાં ઉત્તર અને દક્ષિણ ધ્રુવ તો રહેવાના જ.

૧૧. ચુંબકિય પ્રોત્સાહન Magnetic induction

પ્રયોગ (૧):—એક બળવાન લોહ-ચુંબકના એક ધ્રુવની નજીક એક લોખંડની ચૂંક લાવો (આકૃતિ ૨૨૯). એ ચૂંક છેડાને ચોંટેલી માલૂમ પડે છે. એ ચૂંકના છેડાની નજીક લોખંડનો વહેર લાવો. વહેર એને વળગી જાય છે. હવે ચૂંકને છૂટી પાડી ફરીથી વહેરમાં નાંખી જુઓ. હવે વહેર ચોંટતો નથી. પહેલી વખતે ચૂંકમાં ચુંબકત્વ હતું; બીજી વખતે તેમાં નથી.

આકૃતિ ૨૨૯

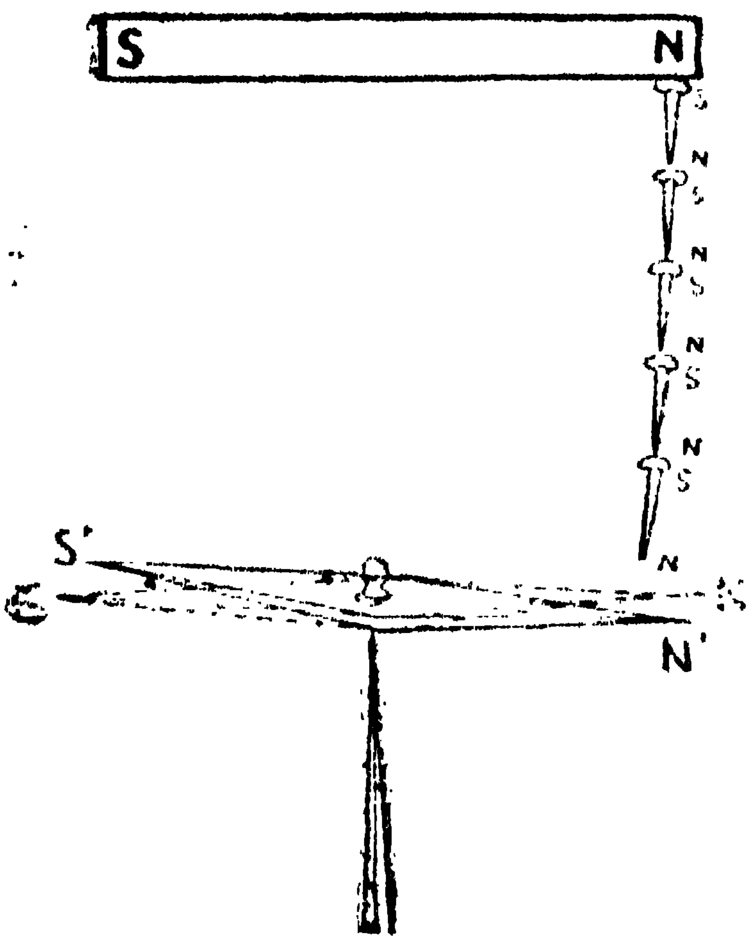


પ્રયોગ (૨):—એક લોહચુંબકના N છેડા ઉપર એક ચૂંકને લટકાવો. તેની નીચે બીજી ચૂંકને વળગાવો. બીજી ચૂંક વળગી જાય છે. એની નીચે ત્રીજીને વળગાવો. તે પણ ચોંટી રહે છે. દરેક ચૂંકમાં આમ ચુંબકત્વ આવે છે. આવી ચાર પાંચ ચૂંકની હાર લટકાવી શકાય છે (આકૃતિ ૨૩૦). એ ચૂંકની હારના નીચેના છેડાને એક લોહચુંબક સોયના N છેડાની નજીક લઇ જાઓ. સોયના છેડા અપાકર્ષાય છે. એટલે છેલ્લી ચૂંકનો નીચેનો છેડો N ધ્રુવ હોવો જોઇએ, અને એ ચૂંકનો ઉપલો છેડો S ધ્રુવ હોવો જોઇએ. દરેક ચૂંકના નીચેના છેડા N ધ્રુવ છે અને ઉપલા S ધ્રુવ છે.

પ્રયોગ (૩):—હવે એ ચૂંકની હારને કાળજીપૂર્વક લોહચુંબકની સૌથી નજીકની ચૂંકને પકડીને છૂટી પાડવા પ્રયત્ન કરો. જેવી એ ચૂંક લોહચુંબકથી છૂટી પડે છે કે તુરત બધી વળગેલી ચૂંક છૂટી પડીને નીચે પડે છે.

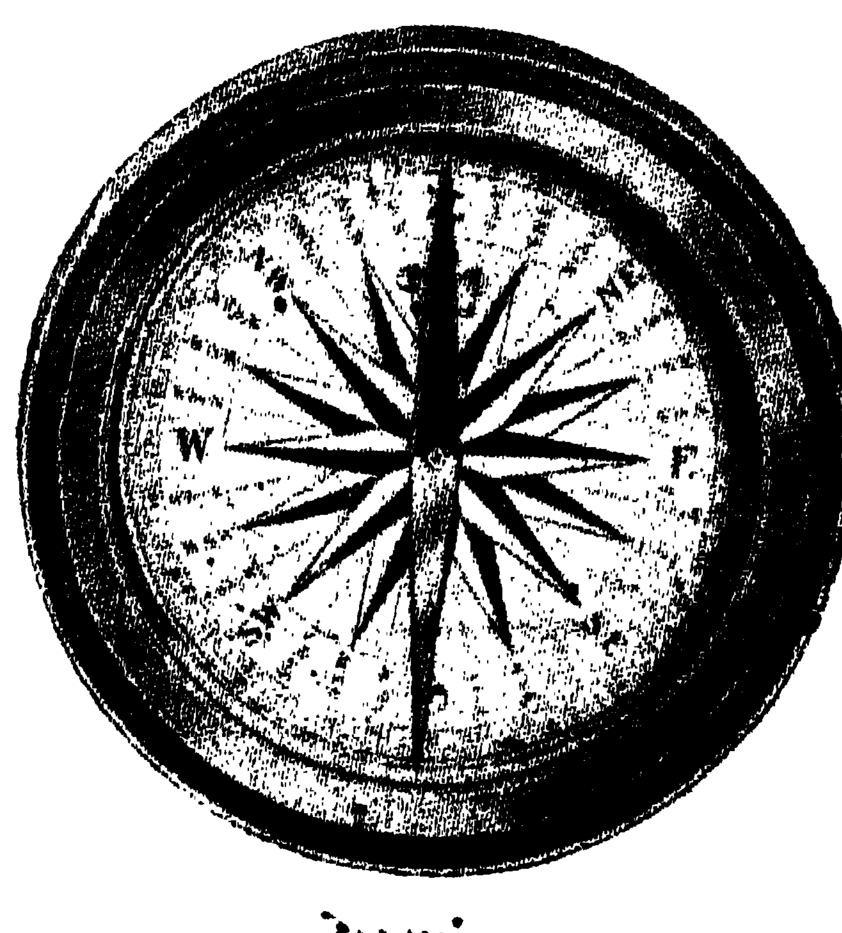
આવી જાતના ચુંબકત્વને ઉપપાદિત અથવા પ્રોત્સાહિત ચુંબકત્વ (induced magnetism) કહેવામાં આવે છે. આકૃતિ (૨૩૦) માં બતાવેલી લોખંડની દરેક ચૂંકમાં એ પ્રમાણે ઉપપાદિત ચુંબકત્વ આવે છે. એ પ્રયોગ ઉપરથી એમ લાગે કે લોહચુંબકની નજીક લોખંડનો ટુકડો રાખીએ તો તેમાં ઉપપાદિત ચુંબકત્વ (induced magnetism) આવે છે અને લોહચુંબકના જે ધ્રુવ નજીક એ ટુકડો રાખવામાં આવે છે તેની નજીકના છેડામાં વિજાતીય ધ્રુવ ઉત્પન્ન થાય છે અને દૂરના છેડામાં સજાતીય ધ્રુવ ઉત્પન્ન થાય છે.

આકૃતિ ૨૩૦



૧૨. હોકાયંત્ર Mariner's compass હોકાયંત્રમાં લોહચુંબક સોય વાપરવામાં આવે છે. ફેર માત્ર એટલો છે કે સોયને આકૃતિ (૨૩૧) માં બતાવેલા ચક્રના મધ્યમાં રાખવામાં આવે છે. એ આકૃતિમાં ચાર મુખ્ય દિશા બતાવ્યા ઉપરાંત બધું મળી ૩૨ દિશા બતાવેલી હોય છે. હોકાયંત્રના એ

આકૃતિ ૨૩૧



હોકાયંત્ર

ચક્રને પ્રથમ એવી રીતે ગોઠવવામાં આવે છે કે તેથી ઉત્તર દિશા સોયના ઉત્તરધ્રુવની નીચે આવે. વહાણને જે દિશામાં હંકારવું હોય તેનું ચક્ર નીચે રાખવામાં આવે છે. એ ચક્ર ઉપર એક કાપો

આકૃતિ ૨૩૨



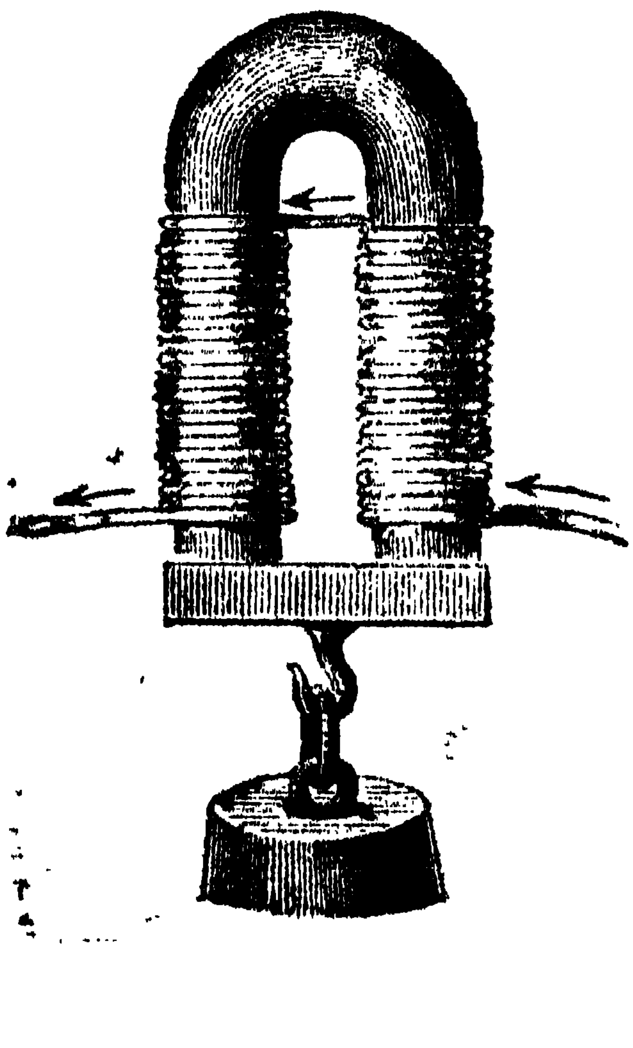
વિદ્યુત ચુંબક ઊંટડો (magnetic crane)

પાડેલો હોય છે, અને એ કાપાને જે કોણમાં મૂકો તે દીશામાં વહાણ હંકારાશે. આખું હોકાયંત્ર આકૃતિ (૨૧૪) માં બતાવ્યું છે.

૧૩. લોહચુંબકના ઉપયોગ

લોહચુંબકનો હોકાયંત્ર તરીકેનો એક મહત્ત્વનો ઉપયોગ આપણે જોઇ ગયા છીએ. એ ઉપરાંત લોહચુંબકનો ઉપયોગ બારીક લોખંડની ચીજો ધૂળમાં કે એવી જગ્યાએ ખોવાઈ ગઇ હોય તો તે શોધી કાઢવામાં થઈ શકે છે. મહત્તમ અને લઘુતમ થર્મોમિટરમાં લોખંડના દર્શકોને ઉપર નીચે લઇ જવામાં લોહચુંબક ઉપયોગી થઇ પડે છે; કારણ કે થર્મોમિટરની નળી બંધ હોવા છતાં અંદરના લોખંડના દર્શકને લોહચુંબકના બળથી આકર્ષીને ખસેડી શકાય છે. લડાઇમાં કેટલીકવાર લોખંડનાં બારીક ટુકડા શરીરમાં ઘુસી જાય છે તે વાઢકાપ કે શસ્ત્રક્રિયા કરવા છતાં સહેલાઇથી જડી આવતા નથી. આવે પ્રસંગે જો એક બળવાન લોહચુંબક શરીરના તે ભાગ નજીક લાવવાથી તે એ ટુકડાઓ ખેંચાઈ આવે છે. લોખંડના મોટા વજન ઊંચકવામાં લોહચુંબકનો ઉપયોગ થાય છે. ખાસ કરીને પૂલ બાંધવા હોય તો લોખંડના મોટા સ્તંભો વિદ્યુતચુંબક વડે પકડી લઇ નદીમાં નાંખવા હોય ત્યાં લઇ જવામાં આવે છે. વિદ્યુતપ્રવાહ બંધ કર્યા પછી એ સ્તંભ છૂટો થઇ સીધો એને માટે નિયત કરેલા સ્થળે ગોઠવાઇ જાય છે. આવા મોટા લોહચુંબકને લોહચુંબક ઊંટડો (magnatic crane) કહેવામાં આવે છે (આકૃતિ ૨૩૨).

આકૃતિ ૨૩૩



આકૃતિ ૨૩૩ માં વિદ્યુતચુંબક બતાવવામાં આવ્યો છે. જ્યાંસુધી વિદ્યુતપ્રવાહ પ્રસાર થાય છે ત્યાંસુધી નીચે લટકાવેલું મોટું વજન તેને વળગેલું રહેશે અને વિદ્યુત પ્રવાહ બંધ થાય કે તુરત એ વજન નીચે પડી જશે.

સાર

૧. લોહચુંબક લોખંડને આકર્ષે છે.

૨. લોહચુંબકના બે છેડા ઉત્તર અને દક્ષિણ દિશામાંજ રહે છે. લોહચુંબકના એ બે 'છેડાને ધ્રુવ (pole) કહેવામાં આવે છે. ઉત્તર દિશા તરફના ધ્રુવને ઉત્તર ધ્રુવ (north pole) અને દક્ષિણ દિશા તરફના ધ્રુવને દક્ષિણ ધ્રુવ (south pole) કહેવામાં આવે છે.

૩. સજાતીય ધ્રુવ એકમેકને આકર્ષે છે અને વિજાતીય અપાકર્ષે છે.

૪. લોહચુંબક નજીકના લોખંડના ટુકડામાં ચુંબકત્વ ઉપપાદિત કરે છે: ભરતર લોખંડમાં વધુ અને ઘડતરમાં ઓછું.

૫. લોહચુંબકની નજીક મૂક્ત ઉત્તર ધ્રુવ (free north pole) મૂકયો હોય તે જે દિશામાં જાય તેને ચુંબકબળ રેષા (magnetic lines of force) કહેવામાં આવે છે. લોહચુંબકની આસપાસ એવી અસંખ્ય રેષા હોય છે.

૬. પૃથ્વી એક મોટા ઉત્તર દક્ષિણ દિશામાં રહેલા લોહચુંબકના જેવાજ ગુણ ધરાવે છે. આથી એની સપાટી ઉપર લોહચુંબકના ધ્રુવો હંમેશા ઉત્તર અને દક્ષિણ દિશા તરફ જ રહે છે.

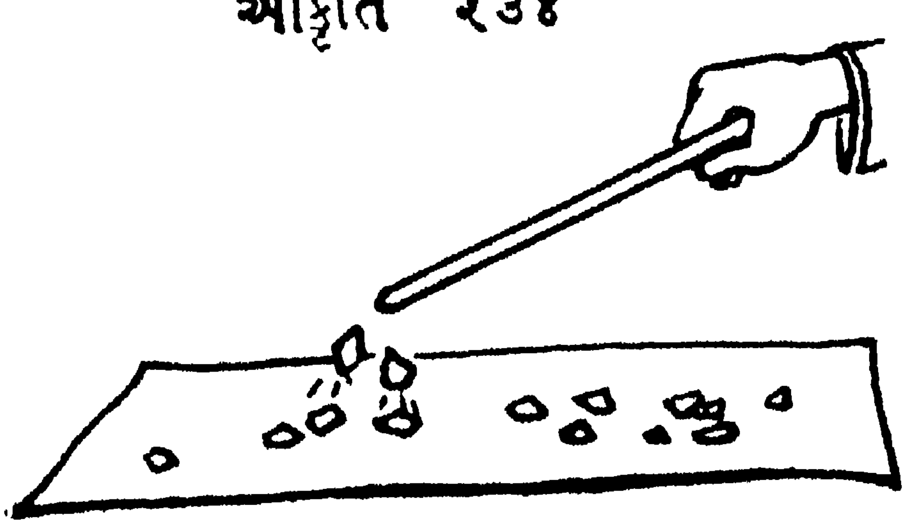
૭. હોકાયંત્ર, મોટા વિદ્યુતચુંબકો વગેરે ચુંબકપણાના ગુણના ઉપયોગથી તૈયાર થયેલાં સાધન છે.

ઘર્ષણ વિદ્યુત (Frictional Electricity)

૧. થેઇલ્સ અને ગિલ્બર્ટની શોધ

ઇ. સ. પૂર્વે ૬૦૦ વર્ષ ઉપર ગ્રીસના થેઇલ્સ નામના તત્ત્વવેત્તાએ શોધી કાઢ્યું હતું કે કેરબા (amber) ને ઊનના કપડાં જોડે ઘણીએ તો એ કાગળ અને દોરાના બારીક ટુકડાને આકર્ષે છે. ત્યારપછી ઇ. સ. ૧૬૦૦ માં એલિઝાબેથ રાણીના ડૉકટર વિલિયમ ગિલ્બર્ટે આ વસ્તુની શોધખોળ કરતાં જણાવ્યું કે, આ પ્રકારનો બારીક ટૂકડા આકર્ષવાનો ગુણ માત્ર કેરબામાંજ નહિ, પરંતુ બીજી ઘણી જાતની વસ્તુમાં ઉત્પન્ન થાય છે. આ આકર્ષવાના ગુણને ગિલ્બર્ટે કેરબાના ગ્રીક નામ 'ઇલેટ્રોન' ઉપરથી 'ઇલેકિટ્રસિટી' એવું નામ આપ્યું. ગિલ્બર્ટે એમ પણ બતાવ્યું કે ઘર્ષણથી ઉત્પન્ન થયેલી વિદ્યુત બે પ્રકારની હોય છે. એ બે જાતની વિદ્યુતના આકર્ષણ અને અપાકર્ષણના નિયમો પણ ગિલ્બર્ટે શોધી કાઢ્યા હતા. લોહચુંબક ઉત્તર દક્ષિણ જ રહે છે તેનું કારણ પૃથ્વીનું ચુંબકપણું છે એમ બતાવનાર પણ ગિલ્બર્ટજ હતો. આથી ગિલબર્ટ અત્યારનાં વિદ્યુતવિદ્યા અને ચુંબકશાસ્ત્રનો પિતા ગણાય છે. તેણેજ પદ્ધતિસર વિજ્ઞાનના એ બે વિભાગનો અભ્યાસ પ્રથમ શરૂ કર્યો હતો.

આકૃતિ ૨૩૪



૩. વિદ્યુત-દર્શક Electroscope પ્રયેાગ :–એક ભેજવગરના કાચના સળિયાને રેશમના કપડાં ઉપર ઘસેા. અને કાગળના બારીક ટુકડાની નજીક લઇ જાઓ. કાગળના ટુકડા આકર્ષાય છે. એક અબનુસી (abonite) ના અગર લાખના સળિયાને ઊનના કપડાની ઉપર ઘસીને કાગળના બારીક ટુકડા નજીક લઇ જાઓ તેા તે આકર્ષાય છે (આકૃતિ ૨૩૪). (અબનુસી રબર અને ગંધકના મિશ્રણની બનાવટ છે.)

એક સુકા કાંસકાને લઇને સુકા વાળ સાથે ઝડપથી ઘસેા. એને બારીક કાગળના ટુકડાની નજીક લઇ જાઓ. કાગળના ટુકડા આકર્ષાય છે.

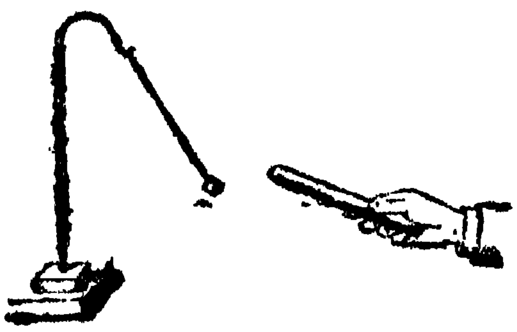
૨. ઘર્ષણ વિદ્યુત ઉત્પન્ન કરવાની રીત ઉપલા પ્રયેાગમાં દર્શાવ્યા મુજબ જ્યારે કાચના સળિયાને રેશમ ઉપર ઘસીએ, અબુનુસીને ઊન ઉપર ઘસીએ અથવા કાંસકાને સુકા વાળ ઉપર ઘસીએ ત્યારે તેમાંથી વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે અને તેથી તે કાગળ જેવા હલકા પદાર્થના બારીક ટુકડાને આકર્ષે છે.

આવી રીતે કેટલીક વસ્તુમાં ઘર્ષણથી બારીક અને હલકી વસ્તુને આકર્ષવાનેા ગુણ વિદ્યુતને લીધે આવે છે. જે વસ્તુમાં એ ગુણ આવે છે તેને વિદ્યુતભારવાહી (electrified) એટલે કે વિદ્યુતનેા ભાર (charge) જેના ઉપર રહેલેા છે તેવી વસ્તુ કહેવામાં આવે છે. જ્યારે એ ભાર જતેા રહે છે ત્યારે તે વસ્તુને વિદ્યુતભારરહિત (uncharged) કહેવામાં આવે છે.

એક વસ્તુ વિદ્યુતભારવાહી છે કે નહિ તે જાણવા માટે સાદા વિદ્યુતદર્શક રચવામાં આવ્યા છે. જુવારના સાંઠાની અંદરના ગરની ગેાળીને સેાનાનેા વરખ લગાડી એક રેશમની દેારી વડે આકૃતિ (૨૩૪)માં બતાવ્યા પ્રમાણે લટકાવીએ

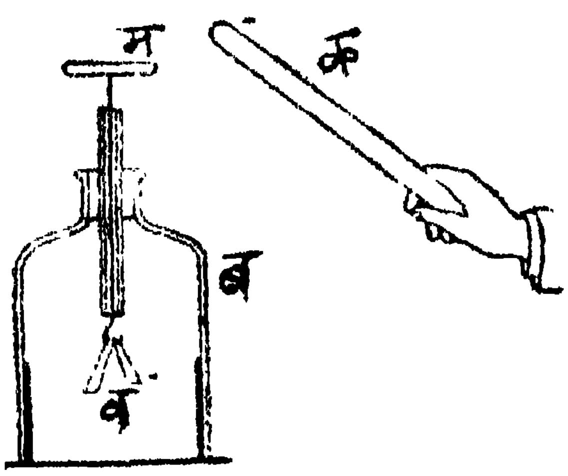
તો તે વિદ્યુતદર્શક તરીકે કામ લાગશે. એ ગોળીની નજીક કોઇપણ વિદ્યુતભારવાહી વસ્તુને લાવવામાં આવે તો એ તેના તરફ આકર્ષાઇ જાય છે. એ જ ગોળી વડે બે જાતની વિદ્યુતમાંથી કયા પ્રકારની વિદ્યુત છે તે પણ જાણી શકાય છે.

આકૃતિ ૨૩૪



આકૃતિ (૨૩૫) માં બીજી જાતનું વિદ્યુતદર્શક બતાવ્યું છે. એક કાચની બરણી (બ) માં એક કાણાવાળો બૂચ બેસાડેલો છે અને એ બૂચમાંથી એક લોખંડનો સળિયો પસાર કરેલો છે. એ સળિયાને છેડે સોનાના વરખના બે ટુકડા વ લગાવેલા છે. કોઇપણ વિદ્યુતભારવાહી વસ્તુને એ સળિયાના માથાની પ્લેટ મ નજીક લાવવામાં આવે તો માલૂમ પડે છે કે વરખના ટુકડા એકમેકથી છૂટા પડીને દૂર જાય છે. એટલે કે બન્નેમાં અપાકર્ષણ (repulsion) થાય છે. આ વિદ્યુતદર્શકથી વિદ્યુતનો પ્રકાર માલૂમ પડે છે, એટલું જ નહિ પરંતુ એક વસ્તુ ઉપર કેટલો વિદ્યુતભાર (electric charge) છે તે પણ માપી શકાય છે. આ રીતે વિદ્યુતભારના દર્શક તરીકે બન્ને સાધનોનો ઉપયોગ થતો હોવાથી એને વિદ્યુતદર્શક કહેવામાં આવે છે. પહેલા વિદ્યુતદર્શકને કેટલીક વાર ગરના ગોળાનો વિદ્યુતદર્શક (pith-ball electroscope) કહેવામાં આવે છે અને બીજાને સાધારણ રીતે સોનાના વરખનો વિદ્યુતદર્શક (gold-leaf electroscope) કહેવામાં આવે છે.

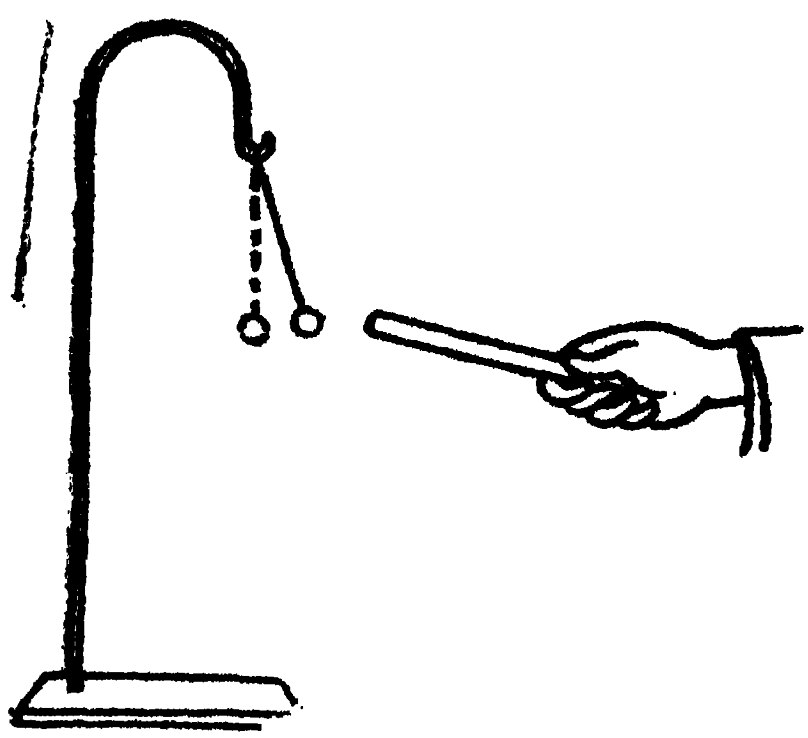
આકૃતિ ૨૩૫



૪. વિદ્યુતનું આકર્ષણ અને અપાકર્ષણ
Electric attraction and repulsion

પ્રયોગ (૧)-આકૃતિ(૨૩૬) માં બતાવ્યા મુજબ એક કાચના સળિયાના સ્ટેન્ડને છેડે રેશમની દોરીથી એક ગરની ગોળી લટકાવો, (જુવારના સાઠાંની અંદરનો ગર ચાલશે). હવે એની નજીક એક રેશમ ઉપર ઘસેલો કાચનો સળિયો લાવો. ગોળી સળિયા તરફ આકર્ષાય છે કે ? ગોળીને સળિયાને અડવા દો. હવે ગોળી સળિયાથી આકર્ષાય છે કે? ગોળીને હાથ વડે અડકો અને ફરીથી કાચનો રેશમ ઉપર ઘસેલો સળિયો લાવો. કાચના સળિયા ઉપર હાથ ફેરવી ફરીથી સળિયો ગોળીની નજીક લાવો.

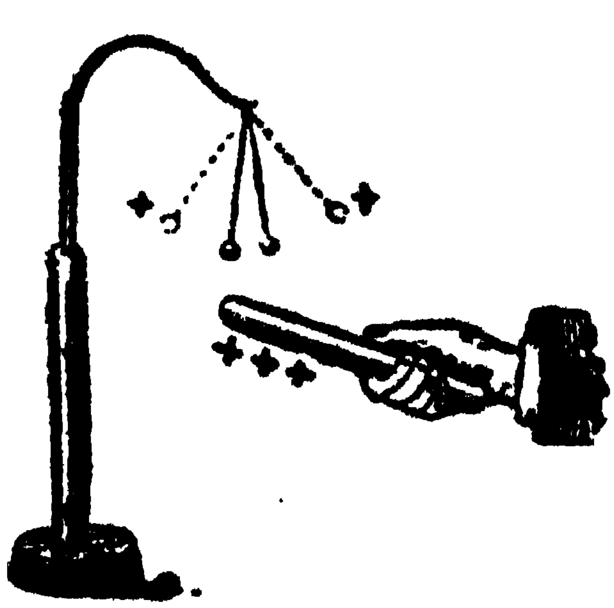
આકૃતિ ૨૩૬



ઉપરનો પ્રયોગ ઍબોનાઇટના સળિયાને ઊન પર ઘસી ફરીથી કરો.

(૨): ગરની ગોળીને પ્રથમ કાચના રેશમ ઉપર ઘસેલા સળિયાને અડવા દો. હવે એ ગોળીની નજીક વારા ફરતી કાચનો રેશમ ઉપર ઘસેલો સળિયો અને ઍબોનાઇટનો ઊન પર ઘસેલો સળિયા લાવો. પ્રયોગ ઉપરથી કાચ અને ઍબોનાઇટના સળિયા ઉપર કેવા પ્રકારની વિદ્યુત હશે તેનું અનુમાન કરો.

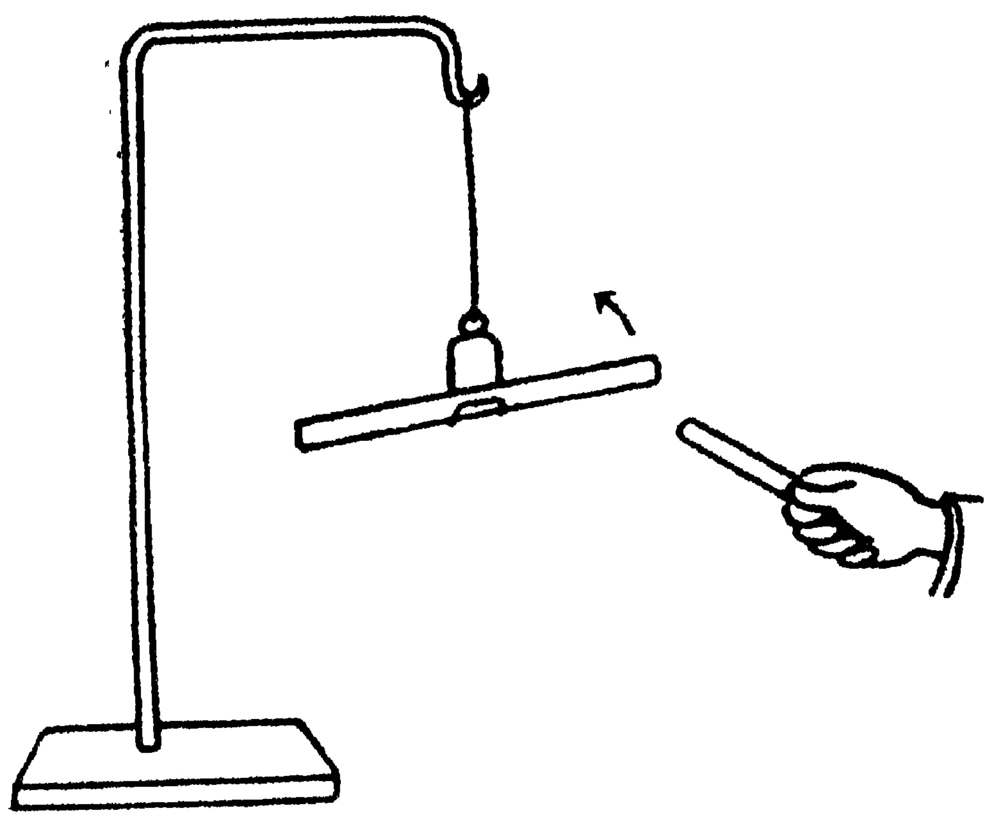
આકૃતિ ૨૩૭



(૩):-આકૃતિ (૨૩૭) માં બતાવ્યા મુજબ એક સળિયાના સ્ટેન્ડને છેડે બે ગરની ગોળી લટકાવો. હવે એક કાચનો રેશમ ઉપર ઘસેલો સળિયો એ બન્ને ગોળીની નજીક લાવી તેમને અડવા દો. કાચનો સળિયો દૂર કરો. ગોળી એકમેકથી દૂર રહે છે. કારણ શું ?

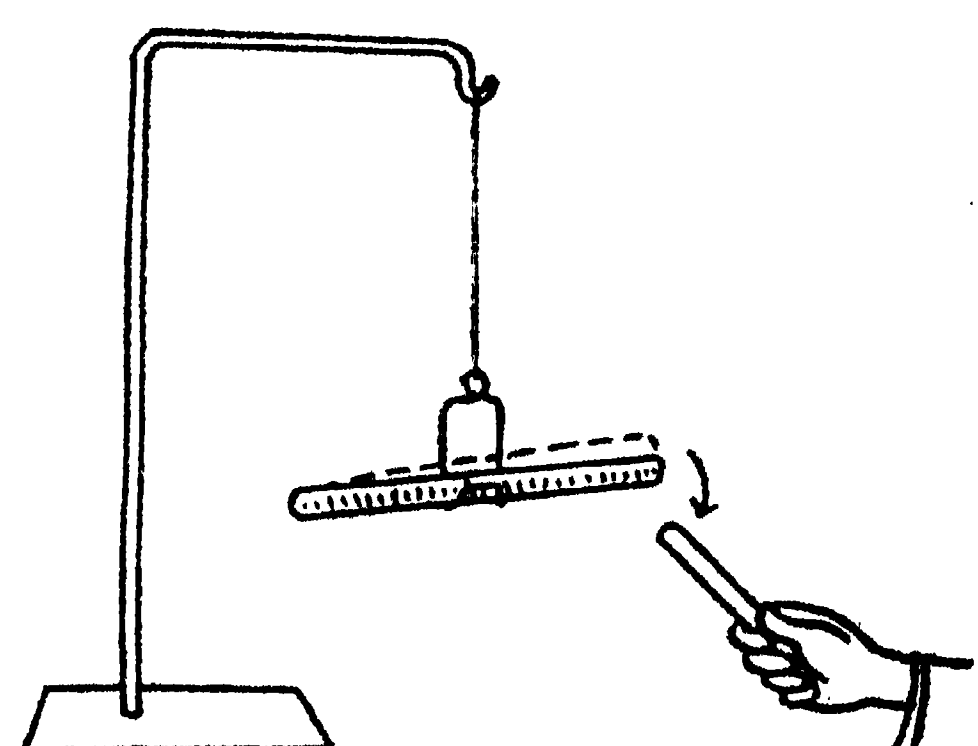
(૪):-એક કાચના સળિયાને રેશમ ઉપર ઘસી તારની બેસણી ઉપર મૂકીને રેશમની દોરી વડે લટકાવો (આકૃતિ ૨૩૮). એની નજીક કાચનો રેશમ ઉપર ઘસેલો સળિયો લાવો. બન્ને વચ્ચે આકૃતિમાં બતાવ્યા મુજબ અપાકર્ષણ (repulsion) થાય છે.

આકૃતિ ૨૩૮



એક અબનુસીના સળિયાને ઊન ઉપર ઘસીને એજ પ્રમાણે લટકાવો (આકૃતિ ૨૩૯) અને તેની નજીક કાચના રેશમ ઉપર ઘસેલા સળિયાને લઇ જાઓ. બન્ને વચ્ચે આકૃતિમાં દર્શાવ્યા મુજબ આકર્ષણ (attraction) થાય છે.

આકૃતિ ૨૩૯



ઉપરના પ્રયોગ (૧)માંથી માલૂમ પડે છે કે રેશમ ઉપર ઘસેલા કાચના અગર ઊન ઉપર ઘસેલા ઍબોનાઇટના સળિયા ઉપર વિદ્યુતભાર ઉત્પન્ન થાય છે અને તેથીજ તે ગરની હલકી ગોળીને આકર્ષે છે. પરંતુ એકવાર ગોળી વિદ્યુત ભારવાહી સળીયાને અડક્યા પછી તુરતજ સળિયાથી દૂર રહેવા પ્રયત્ન કરે છે. આનું કારણ એ છે કે

સળિયાને અડવાથી ગોળીમાં સજાતીય (of same kind) વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે અને તેથી સળિયા ઉપરના અને ગોળી ઉપરના સજાતીય વિદ્યુતભારની વચ્ચે અપાકર્ષણ થાય છે.

પ્રયોગ (૨)માંથી આ વસ્તુની પૂર્ણ ખાત્રી થાય છે. કાચના સળિયાને રેશમ ઉપર ઘસીને ગરની ગોળી નજીક લાવીએ ત્યારે પ્રથમ ગોળી આકર્ષાય છે. ગોળી કાચના સળિયાને અડે એટલે તેને કાચના જેવીજ (સજાતીય) વિદ્યુત મળે છે, અને તેથી કાચના વિદ્યુતભારવાહી સળિયાથી એ ગોળી દૂર જાય છે, પરંતુ એજ ગોળીની નજીક ઍબોનાઇટનો ઊન ઉપર ઘસેલો સળિયો લાવીએ તો ગોળી આકર્ષાય છે. આ ઉપરથી એમ સમજાય છે કે કાચ અને ઍબોનાઇટ ઉપર ઉત્પન્ન થતી વિદ્યુત જુદા જુદા પ્રકારની છે.

પ્રયોગ (૩) ઉપરથી વિદ્યુતના આકર્ષણ અને અપાકર્ષણના નિયમ વિષે ખાતરી થાય છે. એ ગરની ગોળીને કાચના વિદ્યુતભારવાહી સળિયાને અડવા દેવાથી બન્ને ઉપર એકજ જાતનો વિદ્યુતભાર (electric charge) આવે છે અને તેથી બન્ને પરસ્પરને અપાકર્ષે છે અને દૂર રહેવાનો પ્રયત્ન કરે છે.

પ્રયોગ (૪) વડે સમજાય છે કે એ કાચના સજાતીય (similar) ભાર વચ્ચે અપાકર્ષણ (repulsion) થાય છે અને અબનુસી અને કાચ ઉપરના વિજાતીય (opposite) ભાર વચ્ચે આકર્ષણ (attraction) થાય છે.

ઉપરના પ્રયોગો વડે એક નિયમ તારવી શકાય છે કે **"સજાતીય વિદ્યુતભાર પરસ્પરને અપાકર્ષે છે અને વિજાતીય વિદ્યુતભાર પરસ્પરને આકર્ષે છે.** Electric charges of same

kind repel each other and of opposite kind attract each other."

કાચના સળિયાને રેશમ ઉપર ઘસતાં જે વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે, તેને ધન (positive) વિદ્યુત કહેવામાં આવે છે અને ઍબોનાઇટના સળિયાને ઊન સાથે ઘસતાં જે વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે, તેને ઋણ (negative) વિદ્યુત કહેવામાં આવે છે. કેાઈ વસ્તુ ઉપર ધનભાર (positive charge) હોય તેને (+) ની સંજ્ઞાથી દર્શાવવામાં આવે છે અને ઋણભાર (negative) charge) ને (–) ની સંજ્ઞાથી દર્શાવવામાં આવે છે.

૫. વિદ્યુતવાહક અને વિદ્યુતરોધક વસ્તુઓ Electric conductors and insulators

એક ધાતુના ગોળાને કાચના સ્ટૅન્ડ ઉપર રાખી વિદ્યુતભાર આપવામાં આવે અને જો એ ગોળાને એક તાર વડે વિદ્યુતદર્શક યંત્રને જોડવામાં આવે તો માલૂમ પડશે કે એ સળિયાને આપેલો વિદ્યુતભાર વિદ્યુતદર્શક યંત્રમાં પહોંચી જાય છે. પરંતુ તારની જગ્યાએ રેશમની દોરી અથવા સુકી રૂની દોરી વાપરીએ તો માલૂમ પડશે કે ધાતુના સળિયા ઉપરનો ભાર દોરી વાટે વિદ્યુત-દર્શક યંત્રને પહોંચતો નથી. ધાતુના સળિયાને રેશમ અથવા ફરના કટકા ઉપર ઘસવામાં આવે તો તેમાં પણ થોડાઘણા પ્રમાણમાં વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે; પરંતુ ધાતુમાંથી અને આપણા શરીરમાંથી વિદ્યુત પસાર થતી હોવાથી, જેવી વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે તેવી શરીરદ્વારા જમીનમાં ચાલી જાય છે. આથી ઊલટું કાચના સળિયા ઉપર ઉત્પન્ન થયેલી વિદ્યુત સ્થિર રહે છે; કારણ કે કાચ વિદ્યુતવાહક નથી. આથી કાચના સળિયા

ઉપર ઉત્પન્ન થયેલો વિદ્યુતભાર દૂર કરવો હોય, તો આખા સળિયા ઉપર આપણો હાથ ફેરવવો પડશે. કાચના આવા ગુણને લીધે જ વિદ્યુતદર્શકને કાચના સ્ટેન્ડ ઉપર અથવા કાચની બરણીમાં રાખવામાં આવે છે.

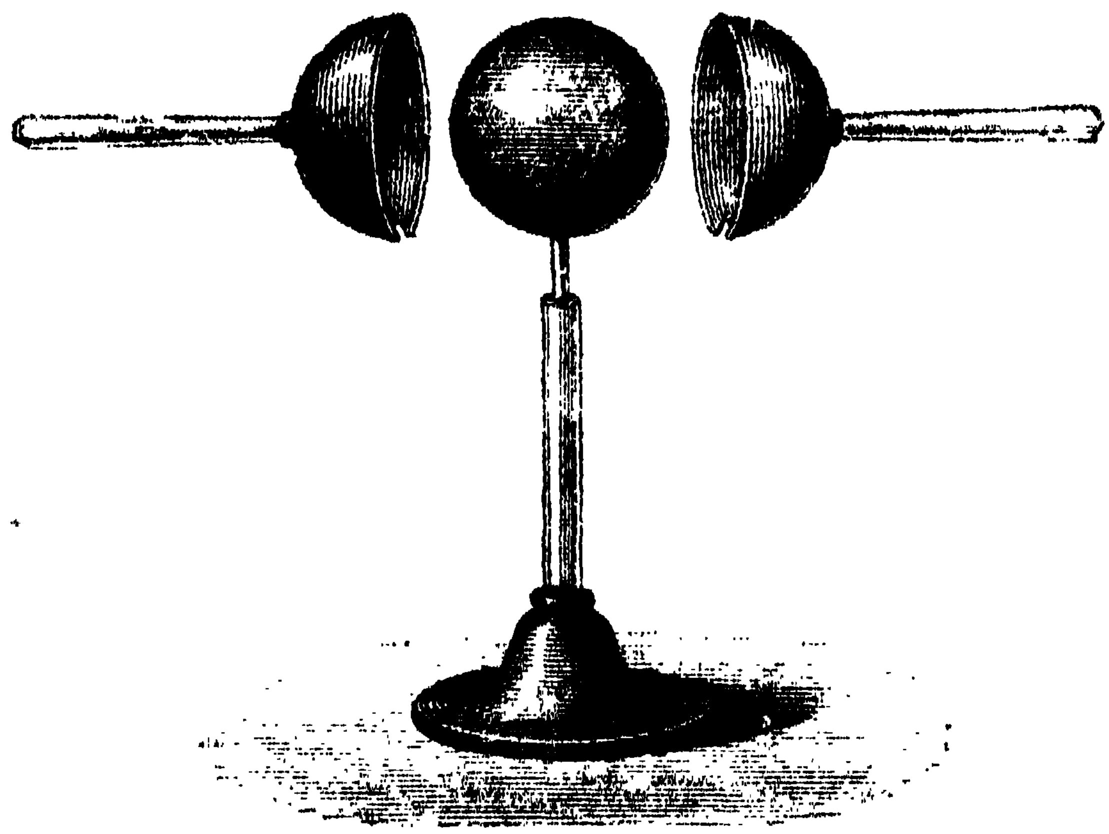
ઉપર દર્શાવ્યા પ્રમાણે આપણે ઘણાંખરાં દ્રવ્યને બે વિભાગમા વહેંચી નાંખી શકીશું. જે દ્રવ્યમાંથી વિદ્યુત પસાર થઇ શકે છે, તેમને વિદ્યુતવાહક (conductors) કહેવામાં આવે છે અને જેમાંથી વિદ્યુત પસાર થઇ શકતી નથી તેમને વિદ્યુતરોધક (insulators or non-conductors) કહેવામાં આવે છે. ધાતુ, કોલસો, માણસનું શરીર, ઍસિડ, ક્ષારનું દ્રાવણ, ભીનાં કપડાં વગેરેમાંથી વિદ્યુત પસાર થતી હોવાથી એ સર્વ વિદ્યુતવાહક કહેવાય છે. રેશમ, સુકું કપડું, કાગળ, રબર, ઍબોનાઇટ, કાચ, સલ્ફર (ગંધક), લાકડું વગેરે વસ્તુ વિદ્યુત-રોધક છે.

૬. વિદ્યુતવાહક ઉપર વિદ્યુતભારનું પ્રસરણ
Distribution of electric charge on conductors

એક ધાતુનો ગોળો લઇને તેને થોડો વિદ્યુતભાર એક બિંદુ ઉપર આપવામાં આવે તો તે આખા ગોળા ઉપર પ્રસરી જાય છે. ગોળા ઉપરથી એ વિદ્યુત જમીનમાં જતી ન રહે એ માટે એને આકૃતિ (૨૪૦) માં બતાવ્યા પ્રમાણે કાચના સળિયાના સ્ટેન્ડ ઉપર રાખવો પડે છે. આવા સ્ટેન્ડ ઉપર રાખેલા ગોળાને અલગ વાહક (insulated conductor) કહેવામાં આવે છે.

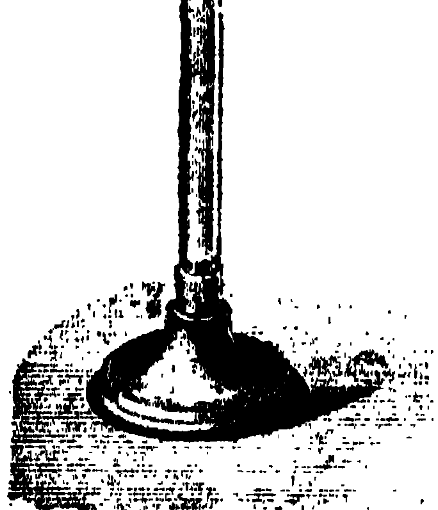
હવે જો એ ગોળાને વિદ્યુતભાર આપ્યા પછી તેને બરાબર ઢાંકી દે તેવા બે અર્ધગોળા વડે આકૃતિ (૨૪૦)માં બતાવ્યા પ્રમાણે

આકૃતિ ૨૪૦



બંન્ને બાજુથી એકી સાથે ઢાંકી દઇએ તો માલૂમ પડશે કે વચ્ચેના ગોળાનો વિદ્યુતભાર ઉપરના અર્ધગોળા ઉપર આવી જાય છે. એ અર્ધગોળાને પાછા ખેંચી લઇ વચ્ચેના ગોળાને ઉઘાડો મૂકીએ તો માલૂમ પડશે કે, તેના ઉપરનો વિદ્યુતભાર જતો રહ્યો છે અને બહારના અર્ધગોળા વિદ્યુતભારવાહી બન્યા છે. આ પ્રયોગ ચોક્કસ રીતે પૂરવાર કરે છે કે વિદ્યુતભાર હમેશાં બહારની સપાટી ઉપર જ રહે છે.

આકૃતિ ૨૪૧

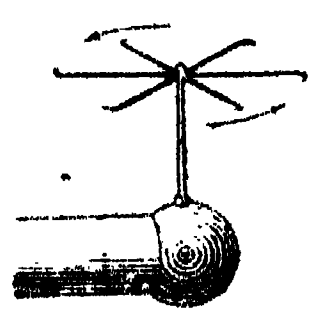


જે કાચના સળિયાને છેડે ધાતુની નાની પતરી લગાડેલી હોય છે એને વિદ્યુતશોધક (proof plane) કહેવામાં આવે છે. એક વાહકની સપાટી ઉપર અમુક જગ્યાએ કેટલો વિદ્યુતભાર છે તે તપાસવો હોય તો ત્યાં વિદ્યુતશોધક અડાડીને તેને વિદ્યુતદર્શકની નજીક લઇ જવાથી તેના ઉપર કેટલો ભાર આવ્યો છે તે માલૂમ પડે છે.

આકૃતિ (૨૪૧) માં બતાવેલા ગોળાને વિદ્યુતભાર આપવામાં આવે અને એક વિદ્યુતશોષક (proof plane) વડે જો એની સપાટી ઉપર જુદે જુદે સ્થળે અડકીને વિદ્યુતદર્શક વડે જોઇશું તો માલૂમ પડશે કે, જ્યારે વિદ્યુતશોષક અણીવાળા છેડા ઉપર અડકે છે, ત્યારે વિદ્યુતદર્શક ઘણો ભાર(charge) બતાવે છે.

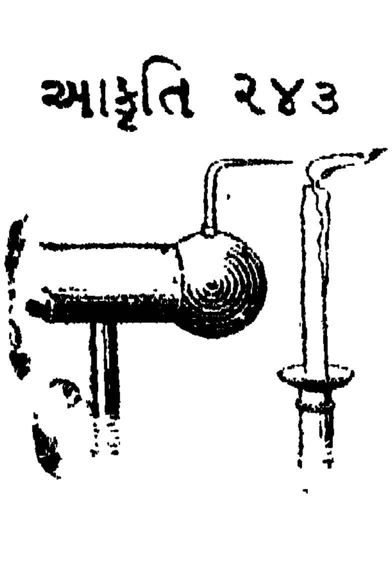
કોઇપણ વિદ્યુતવાહકના અણીવાળા ભાગ ઉપર વિશેષ પ્રમાણમાં વિદ્યુતભાર રહે છે. એ વસ્તુની ખાતરી બીજો એક સુંદર પ્રયોગ કરવાથી મળશે. આકૃતિ (૨૪૨)માં બતાવેલા અણીવાળા આરાના ચક્રને એકાદ વિદ્યુતયંત્ર (electric machine) વડે ઘણો વિદ્યુતભાર આપવામાં આવે તો એ ચક્ર ફરવા લાગે છે; કારણ કે અણી ઉપર વિદ્યુતભાર ઘણો વધી જવાથી એ ભાર હવામાં વિભારિત (discharge) થાય છે અને ચક્રના આરાને પ્રત્યાઘાત (reaction) આપે છે.

આકૃતિ ૨૪૨



આ જાતના અણીવાળા વાહકમાંથી વિદ્યુતવિભાર થાય છે, એની ખાતરી આકૃતિ (૨૪૩) માં બતાવેલા પ્રયોગથી થશે. વિદ્યુતભારવાળા વાહકની અણીને એક મિણબત્તીની નજીક લાવવામાં આવે છે. એને પૂરતા પ્રમાણમાં વિદ્યુતભાર આપવામાં આવે તો અણીવાળા ભાગમાંથી એટલી ઝડપથી વિદ્યુત વિભારિત (discharge) થાય છે કે વિદ્યુત-પવન (electric-wind) નો પ્રવાહ શરૂ થાય છે અને ઘણીવાર મિણબત્તીને બુઝવી નાખે છે.

આકૃતિ ૨૪૩



૭. વીજળી વાહકો
Lightning conductor

જ્યારે ધન અને ઋણ વિદ્યુત-ભારને એકમેકની નજીક લાવવામાં આવે છે, ત્યારે બન્ને વચ્ચે તણખા પડીને વિદ્યુત વિભાર (electric discharge) થાય છે. પરંતુ બે અણીવાળા વિદ્યુતવાહકો લઇએ અને એકને ધન (positive) ભાર આપીએ અને બીજાને ઋણ (negative) ભાર આપીએ તો તે બન્નેની વચ્ચેની હવામાં થઇને પણ વિદ્યુત જલદી પસાર થઇ જાય છે. આવાજ કારણથી હવામાં ઉત્પન્ન થતી વીજળીથી મોટા મકાનનું રક્ષણ કરવા માટે તેને ઉપલે છેડે અણીવાળા વિજળી વાહકો (lightning conductors) રાખવામાં આવે છે. એ અણીવાળા છેડામાંથી હવામાનમાં વિદ્યુત સહેલાઇથી વિભારિત (discharge) થાય છે. એ વિજળીવાહક (lightning conductor) માંથી કેવી રીતે વિદ્યુત વિભાર થાય છે તે પાછળથી જોઇશું. હવામાં જે વિદ્યુતનો પ્રકાશ દેખાય છે, તે માત્ર ધન અને ઋણ (positive and negative) વિદ્યુતભારનો વિભાર (discharge) થવાથી જે હવા ગરમ થાય છે તેના વડે ઉત્પન્ન થાય છે.

પહેલવહેલાં બેન્જામિન ફ્રાંકલિને પતંગ ઉડાવી હવામાનની વિદ્યુતને પતંગની ભીની દોરી વાટે નીચે ઊતારી. દોરીની નીચે લટકતી એક ચાવીમાંથી તેણે વિદ્યુત-તણખા (sparking) થતા બતાવ્યા અને તે ઊપરથી તેણે પૂરવાર કર્યું કે વાતાવરણમાં પણ ધન અને ઋણ એવી બે જાતની વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે અને એ બન્નેની વચ્ચે મોટો વિદ્યુત-વિભાર થવાથી વીજળી (lightning) ઉત્પન્ન થાય છે. વળી

તેણે જ પ્રથમ વીજળીના ભયમાંથી ઊંચા મકાનને બચાવવાના વીજળી વાહકો શોધ્યા હતા. જ્યાં વિદ્યુતવિભાર થાય ત્યાંની હવા એકાએક ગરમ થવાથી વિસ્તૃત થાય છે, અને એથી વીજળી પડે, ત્યારે ઘણુંખરૂં મોટા કડાકા થાય છે. પર્વતની ટેકરીઓમાંથી અને ઉપરના હવામાનના પાતળા થરમાંથી અવાજનું પરાવર્તન (reflection) થવાને લીધે લાંબો વખત ગડગડાટવાળા અવાજ (rolling noise) ઉત્પન્ન થાય છે.

૮. વિદ્યુત ઉપપાદન Electric induction જેવી રીતે ચુંબકત્વનું ઉપપાદન થાય છે, તેવીજ રીતે વિદ્યુતનું પણ ઉપપાદન ઉત્પન્ન થઈ શકે છે.

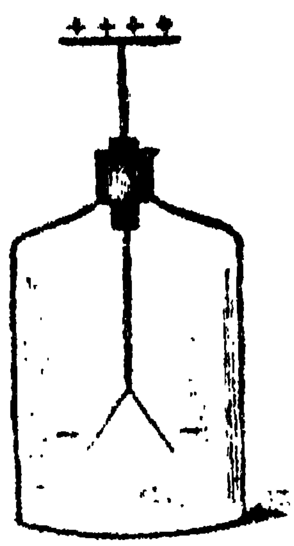
પ્રયોગઃ–એક વિદ્યતદર્શકની નજીક એબોનાઇટનો ઊન ઉપરનો ઘસેલો સળિયો લાવો. વિદ્યુતદર્શકની નજીક સળિયો આવે છે એટલે નીચેના વરખના પાના આકૃતિ (૨૪૪) માં બતાવ્યા મુજબ છૂટાં પડે છે તેની નોંધ કરો.

સળિયાને નજીક રાખી ઉપરની તકતીને તમારી આંગળી વડે અડકો. વરખના પાના એકમેકની નજીક આવે છે. હવે સળિયાને દૂર લઇ જાઓ. વરખના પાના પાછાં છૂટાં પડે છે.

હવે એ વિદ્યુતદર્શકની નજીક એક રેશમ ઉપર ઘસેલો કાચનો સળિયો લાવો. વરખના પાના છૂટાં પડે છે કે નજીક આવે છે? વરખના પાના ઉપર કયી જાતની વિદ્યત ઉત્પન્ન થાય છે.

ઉપરના પ્રયોગ વડે વિદ્યુતદર્શકમાં વિદ્યુત ઉપાદન કેવી રીતે થાય તે બતાવેલું છે. ઍબોનાઇટના ઋણભારવાહી (negatively charged) સળિયાને વિદ્યુતદર્શકની નજીક લાવીએ એટલે ધાતુના દરેક ભાગમાંથી સળિયા ઉપરના ઋણભારના જેટલો જ ધનભાર આકર્ષાઇને ઉપરની તાવીમાં આવે છે, અને વિદ્યુતદર્શકના

આકૃતિ ૨૪૪



વરખ ઉપર ઋણભાર ચાલ્યો જાય છે. આમ કોઈ પણ વિદ્યુતવાહકની નજીક ઋણભાર લાવવામાં આવે, તો તેના નજીકના છેડામાં ધનભાર ખેંચાઈ આવે છે અને દૂરના છેડામાં ઋણભાર રહે છે. આ રીતે ધન અને ઋણ ભાર (positive and negative charge) છૂટા પડે તેને વિદ્યુત ઉપપાદન (electric induction) કહેવામાં આવે છે.

હવે ધારો કે આકૃતિ (૨૪૪) માં બતાવેલા વિદ્યુતદર્શકની નજીકથી ઍબોનાઇટનો સળિયો દૂર લઇ જઇએ તો વિદ્યુતદર્શકનો ધન અને ઋણ ભાર એકમેકને શિથિલ (neutralise) કરે છે.

જ્યારે ઍબોનાઇટનો સળિયો નજીક હોય ત્યારે દર્શકની ઉપરની તાવીને એજ સ્થિતિમાં આપણી આંગળી વડે અડકીએ તો માલૂમ પડશે કે એમાંથી સોનાના વરખ ઉપર રહેલો ઋણ ભાર જતો રહે છે અને બન્ને વરખના પાન એકમેકની નજીક આવે છે. સોનાના વરખ ઉપર આવેલો ભાર બને તેટલો દૂર જવાનો પ્રયત્ન કરે છે. એનું કારણ એ છે કે આપણા શરીર વાટે વરખ ઉપરનો ઋણ ભાર (negative charge) જમીન તરફ ચાલ્યો જાય છે એથી વિદ્યુતદર્શકના વરખના પાનને શિથિલ બનાવે છે અને તેથી વરખનાં પાન પાછાં નજીક આવે છે. હવે જો આપણી આંગળી ખસેડી લઇએ તો વિદ્યુતદર્શક ઉપર માત્ર ધનભાર (positive charge) જ રહી જશે અને ઍબોનાઇટના સળિયાને દૂર લઈ જતાં એ

૯. ઉપપાદનથી વસ્તુને વિદ્યુતભારી કેમ બનાવવી

How to electrify a body by induction

ધનભાર વિદ્યુતદર્શકના આખા ધાતુના સળિયા અને વરખ ઉપર પ્રસરી જાય છે. આથી જે વરખના પાન નજીક આવ્યાં હતાં તે પાછાં દૂર જાય છે.

આ ઉપરથી સમજાશે કે વિદ્યુતદર્શક નજીક કોઇપણ વિદ્યુતભારવાહી વસ્તુ લાવવાથી વરખનાં પાન દૂર જાય છે, તેનું કારણ વિદ્યુત ઉપપાદનનું છે.

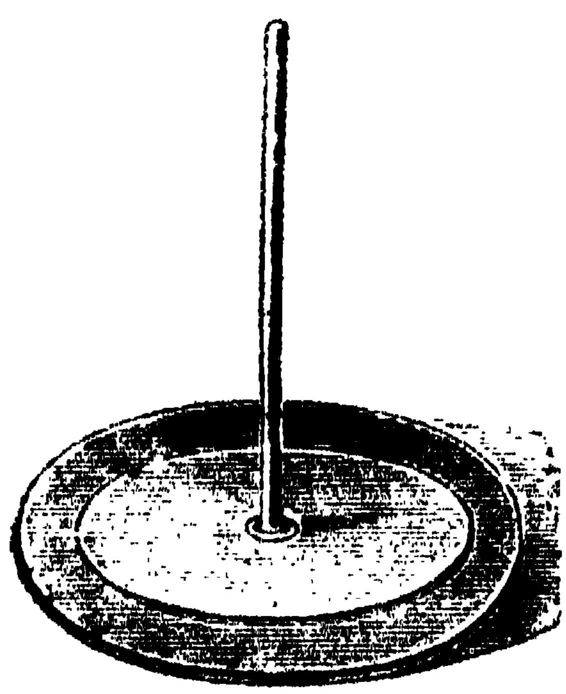
ઉપર બતાવ્યા પ્રમાણે ઍબોનાઇટના સળિયાને બદલે જો કાચના ધનભારવાહી સળિયો વિદ્યુતદર્શક નજીક લાવવામાં આવે તો વિદ્યુતદર્શકના સળિયાનો ઋણભાર તાવી ઉપર આવશે અને વરખના બન્ને પાન ઉપર ધનભાર રહેશે. હવે જો તેને આપણા હાથ વડે અડકીએ તો ધનભાર જમીનમાં ચાલ્યો જશે અને વરખના પાન નજીક આવશે. જો હાથ ખસેડી લીધા પછી કાચને દૂર લઇ જઇએ તો વિદ્યુતદર્શક ઉપર માત્ર ઋણ-ભાર (negative charge) રહે છે અને તે સઘળે પ્રસરવાથી વરખના પાન ઉપર ઋણભાર જાય છે અને વળી પાછાં બન્ને વરખના પાન છૂટાં પડે છે.

ગરની ગોળી, કાગળ અને સુકા દોરા વિદ્યુતભારવાહી વસ્તુથી આકર્ષાય છે, તેનું કારણ પણ વિદ્યુત ઉપપાદનનુંજ છે.

વિજળીવાહક (lightning conductors) પણ આવીજ રીતે કાર્ય કરે છે. જ્યારે વાદળનો પ્રચંડ વિદ્યુતભાર મકાનની નજીક આવે છે, ત્યારે વિજળી વાહકના ઉપલા છેડા ઉપર વિરૂધ્ધ પ્રકારનો ભાર ઉપપાદિત થાય છે અને એ વાહક અણીવાળો હોવાથી ઘણી ઝડપે તેના ભારનો વિભાર થાય છે. એ વિદ્યુત વિભારથી વાદળની વિદ્યુત શિથિલ થાય છે.

૧૦. ઇલેક્ટ્રોફોરસ અને વ્હિમશર્ટ્'સ યંત્ર
Electrophorus and Whimshurt's machine

આકૃતિ ૨૫૪



ઇલેક્ટ્રોફોરસ

કાચના સળિયા ઉપર ઘર્ષણથી જે વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે, તે પ્રમાણમાં બહુ થોડી હોય છે. મોટા પ્રમાણમાં વિદ્યુત ઉત્પન્ન કરવા બીજા પ્રકારના યંત્રોની મદદ લેવી પડે છે.

આકૃતિ (૨૪૫) માં બતાવેલા યંત્રને ઇલેક્ટ્રોફોરસ કહેવામાં આવે છે. એના વડે એકજ વાર ઘર્ષણ કરી ઘણા જથ્થામાં વિદ્યુત મેળવી શકાય છે. ઉપરની તાવી (plate) ધાતુની છે અને તેને ઊંચકવા માટે કાચનો હાથો રાખેલો છે. નીચેની તાવી એબોનાઇટ અથવા લાખની બનાવેલી છે. એ નીચેની તાવીને ઊનના કપડાંથી ઘસવાથી તાવી ઉપર ઋણ (negative) ભાર ઉત્પન્ન થાય છે. ત્યાર પછી ધાતુની તાવી એના ઉપર મૂકવામાં આવે છે. બન્ને તાવીની વચ્ચે બે ત્રણ ટેકા રાખવાથી તેમનો એક બીજા સાથે સંપૂર્ણ સંગમ થતો નથી. આથી ધાતુની તાવીની ઉપર વિદ્યુત ઉપપાદન (induce) થાય છે. તળિયામાં ધન (positive) વિદ્યુત ઉપપાદન થાય છે અને ઉપલી સપાટીમાં ઋણ વિદ્યુત ઉપપાદન થાય છે. એ પ્લેટને આંગળી વડે અડકવાથી ઋણ વિદ્યુત ચાલી જાય છે અને ધાતુની તાવી ઉપર ધન વિદ્યુત રહી જાય છે. આ તાવી વિદ્યુતભારવાહી બનેલી હોવાથી તેના વડે બીજી કોઇ વસ્તુને

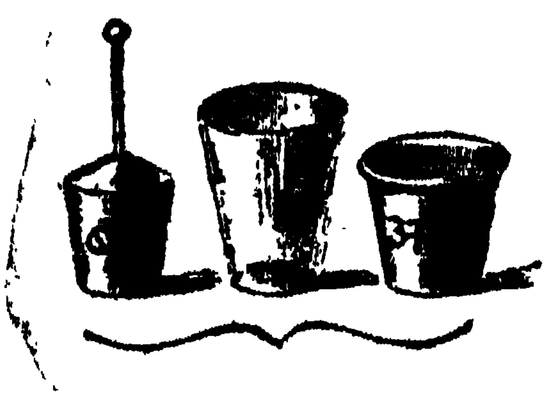
વિદ્યુત ભાર આપી શકાય છે. ધાતુની તાવીને લાખની તાવી ઉપર ફરીથી મૂકી વળી પાછું વિદ્યુત ઉપપાદન થઇ શકે છે. આમ એકવાર ઘર્ષણ કર્યા પછી લાંબો વખત સુધી વિદ્યુતભાર ઉપપાદિત થઇ શકતો હોવાથી એ સાધનને (ઇલેકટ્રોફોરસ) વિદ્યુતયંત્ર કહેવામાં છે.

વ્હિમશર્ટનું યંત્ર પણ ઘર્ષણથી કામ કરે છે. તેમાં બે કાચની તાવી એકમેકથી ઉલટી ફરે એમ રાખેલી છે. એ બન્ને તાવી ઉપર બહારની બાજુની કોરને આંતરે આંતરે ધાતુના ટુકડા (knob) જડેલા છે. એ ટુકડા સાથે ઘર્ષણ થાય તેવાં બે બ્રશ (brush) કાટખૂણે રાખેલાં છે. આ ઘર્ષણથી તાવીના ધાતુના ટુકડા ઉપર વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે અને તેમાંનો ધન (positive) ભાર એક બાજુએ રાખેલાં સંચાર બ્રસ (collecting brush) ઉપર ભેગો થાય છે, જ્યારે બીજી બાજુએ ઋણ (negative) ભાર ભેગો થાય છે.

૧૧. સંચારક Condensers આગળ જોયું તેમ વિદ્યુતવાહક અણીવાળો હોય તો તેમાં વધારે વિદ્યુતભાર રહી શકતો નથી; પરંતુ હવામાં વિભાર (discharge) થાય છે. એ જ પ્રમાણે દરેક વાહક ઉપર અમુક હદ સુધીમાં જ વિદ્યુતભાર (charge) આપી શકાય છે, અને વધારે ભાર આપતાં તે હવામાં ચાલ્યો જાય છે. પરંતુ જો એક ધનભારવાળા વાહક અને બીજો ઋણભારવાળા વાહકને એકમેકની નજીક રાખવામાં આવે, તો અરસપરસના આકર્ષણને લીધે તે બન્ને ઉપર ઘણો ભાર (charge) આપી શકાય. છે.

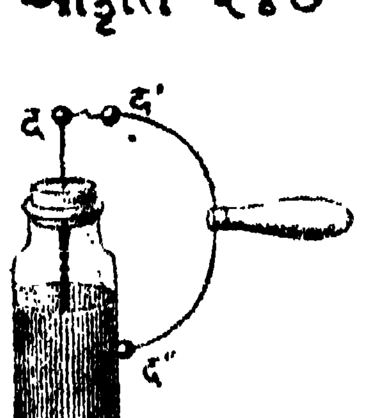
આ ઘટનાને વિદ્યુત સંચારક (electric condensers) એટલે કે વધારે પ્રમાણમાં વિદ્યુત સંગ્રહી રાખવાના સાધન તૈયાર કરવામાં ઉપયોગમાં લેવાય છે.

આકૃતિ ૨૪૬



આકૃતિ (૨૪૬) માં વચ્ચે એક કાચનું જામ क બતાવેલું છે. એની અંદર બરાબર આવી રહે તેવો ધાતુનો ડબ્બો (ब) બાજુમાં બતાવેલો છે. એ ડબ્બાને જામમાં મૂકીને વિદ્યુતભાર આપવામાં આવે છે. હવે એ કાચના જામ क ને જમણી બાજુના ધાતુના જામ (अ) માં મૂકવામાં આવે છે. આથી એ ધાતુના જામ ઉપર વિદ્યુત ઉપપાદન (induce) થાય છે. જો અંદરના ડબ્બા (ब) ઉપર ધન ભાર હોય તો બહારના જામ (अ) ના અંદરના ભાગમાં ઋણભાર અને બહારના ભાગમાં ધનભાર ઉપપાદન થાય છે. પરંતુ જો બહારના જામનું જમીન સાથે સંધાણ કરીએ તો તેના ઉપરનો ધનભાર ચાલ્યો જાય છે. હવે અંદરના ડબ્બા ઉપર ધનભાર રહેલો છે અને બહારના ડબ્બા ઉપર તેટલોજ ઋણભાર રહેલો છે. આથી એ ડબાને વધુ વિદ્યુત ભાર આપી શકાય છે; કારણ કે બન્ને વિરૂદ્ધ ભારના આકર્ષણથી દરેકની ઉપરનો ભાર વધુ પડતો હોય તો પણ હવામાં વિભારિત થતો નથી. આ રીતે રચના કરી વધારે વિદ્યુતભાર સંચાર કરવાના સાધનને વિદ્યુતસંચારક (condenser) કહેવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૨૪૭



આકૃતિ (૨૪૭) માં એવીજ જાતની એક વિદ્યુતસંચારક બરણી બતાવેલી છે તેને (layden jar) કહેવામાં આવે છે. એમાં ઘણો વિદ્યુત ભાર આપી એની અંદરના વિદ્યુત-ભારવાળા છેડા અને બહારના ધાતુના પડ (coating) ને द' द'' જેવા વિદ્યુતવાહક સળિયાથી જોડવામાં આવે તો મોટો વિદ્યુત-વિભાર (electric discharge)

આતો માલૂમ પડશે. એ બરણીને દ મારફતે ભાર અપાય છે, અને બહારની બાજુને જમીન સાથે જોડવામાં આવે છે.

સાર

૧. કાચના સળિયાને રેશમ ઉપર ઘસવાથી તેના ઉપર ધન (+) વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે. અબનુસીના સળિયાને ઊન ઉપર ઘસવાથી તેના ઉપર ઋણ (–) વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે. એ બન્ને સળિયા નાના કાગળના ટુકડાને અથવા હલકા નાના પદાર્થને આકર્ષે છે.

૨. સજાતીય વિદ્યુતભાર એકમેકને આકર્ષે છે અને વિજાતીય વિદ્યુતભાર એકમેકને અપાકર્ષે છે.

૩. વિદ્યુતના ભારનું અસ્તિત્વ જાણવા વિદ્યુતદર્શક ઉપયોગમાં આવે છે. ગરની ગોળીને રેશમથી લટકાવવાથી ગરની ગોળીનો વિદ્યુતદર્શક તૈયાર થાય છે. એક કાચના સળિયાને છેડે બે સોનાના વરખ લગાડી તેને બરણીમાં મૂકવાથી સોનાના વરખનો વિદ્યુતદર્શક તૈયાર થાય છે. વિદ્યુતભારવાહી વસ્તુને નજીક લાવવામાં આવે તો તે વસ્તુ ગરની ગોળીને આકર્ષે છે, અને વિદ્યુત દર્શકના સોનાના વરખના પાનને છૂટાં પાડે છે.

૪. જે વસ્તુમાંથી વિદ્યુત ભાર પસાર થઈ જાય તેને વિદ્યુતવાહક (conductor) અને જેમાંથી વિદ્યુતભાર પસાર નથી થતો તેને વિદ્યુતરોધક (non-conductor) કહેવામાં આવે છે.

૫. અણીવાળી વસ્તુ ઉપર વિદ્યુતભાર સૌથી વિશેષ પ્રમાણમાં રહે છે અને તેથી તે જગાથી હવામાં એ ભાર વિભારિત (discharge) થાય છે. વીજળીવાહક સળિયામાંથી (lightning concuctor) પણ એ રીતે વિદ્યુતભારનો વિભાર થાય છે અને તેથી વાદળની વીજળીને શિથિલ બનાવે છે અને એ રીતે ઘરને રક્ષણ મળે છે.

૬. વિદ્યુતભારવાહી વસ્તુની નજીક એક વાહક (conductor) ને રાખવામાં આવે તો તેમાં વિદ્યુત ઉપપાદન થાય છે અને તેને

અડકીએ તેા આપણા શરીર વાટે (વિદ્યુતભારવાહી વસ્તુમાં છે તે પ્રકારનેા) ભાર જમીનમાં ઊતરી જાય છે અને આ બીજી વસ્તુ ઉપર આપમેળે ઉપપાદિત (induced) ભાર પેદા થાય છે.

૭. વિદ્યુતસંચારક વડે એ વિજાતીય ભાર એકમેકના આકર્ષણથી રહે અને તેથી તેમાં ઘણેા ભાર રહી શકે છે.

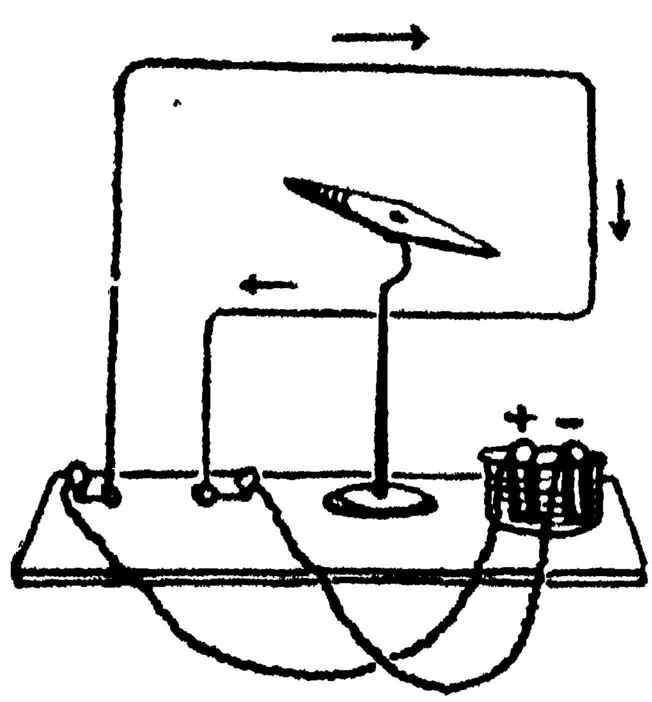
૮. ઇલકટ્રોફેારસ અને વ્હીમશર્ટ્સ મશીન વડે જોઇએ તેટલો ભાર ઉત્પન્ન કરી શકાય છે. ઇલેકટ્રોફેારસ ઉપપાદિત ભાર પેદા કરે છે અને વ્હીમશર્ટ્સ મશીનમાં ઘર્ષણથી પેદા થાય છે.

પ્રવાહવિદ્યુત (Current Electricity)

૧. સાદો વિદ્યુત કોષ
Simple electric cell

પ્રયોગ:–એક કાચના પ્યાલામાં સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ (ગંધકનો તેજાબ) લઇ અને તેમાં જસત અને તાંબાનાં બે કટકા મૂકી બન્નેને એક ચોરસ આકારમાં વાળેલા એક તાર વડે જોડીને તારના ચોકઠાંને ઉત્તરદક્ષિણ દિશામાં રાખો. એક લોહચુંબક સોયને અણીવાળા તાર ઉપર મૂકીને આકૃતિ (૨૪૮) બતાવ્યા મુજબ તે તારની મધ્યે ધરો. લોહચુંબક સોય વર્તન પામે (deflection) છે. કારણ શું ?

આકૃતિ ૨૪૮



ઉપરના પ્રયોગ ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે તારમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે. એ વિદ્યુતપ્રવાહ લાંબો વખત સુધી ચાલુ રહે છે. વિદ્યુતપ્રવાહની ખાતરી લોહચુંબકની સોયના વર્તનથી થાય છે. પ્રવાહ બંધ કરીએ તો લોહચુંબક સોય પાછી ઉત્તરદક્ષિણ દિશામાં આવી રહે છે.

આ રીતે પ્રવાહ ઉત્પન્ન કરવાની શોધ પ્રથમ ઇટલીના બોલોના યુનિવર્સિટીના ગાલ્વેની નામના વૈજ્ઞાનિકે ૧૮૦૦ ની સાલમાં કરી હતી. એ રીતે બે ધાતુની પ્લેટ રાખી વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન કરવાના સાધનને સાદો વિદ્યુતકોષ (simple electric cell, voltaic cell or galvanic cell) કહેવામાં આવે છે.

જેમ પાણી હંમેશાં ઊંચી જગ્યાએથી (એટલે કે વધુ દબાણવાળી જગ્યાથી) નીચી જગ્યાએ (ઓછી દબાણવાળી જગ્યાએ) વહે છે, તેમ વિદ્યુતનો ભાર (charge) પણ વધુ વિદ્યુત દબાણવાળી વસ્તુમાંથી ઓછાં વિદ્યુત દબાણવાળી વસ્તુ તરફ જાય છે.

બે અલગ કરેલા (insulated) તાંબાના ગોળા લઈને તેમાંના એકને વધુ વિદ્યુતભાર આપીએ અને બીજાને ઓછો વિદ્યુતભાર આપીએ અને પછીથી બન્નેને એક તાર વડે જોડીએ તો તે તારમાંથી જરા વાર વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે. જે ગોળાને વધુ ભાર આપીએ તેમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન થવાને કોઈપણ પ્રકારનું વિદ્યુતદબાણ અથવા વિદ્યુતચાલકબળ (electromotive force) હોવું જોઈએ. એવું માલૂમ પડયું છે કે ઉપર દર્શાવેલી કોષ (cell) ની એક પ્લેટનું વિદ્યુતદબાણ વધુ છે અને બીજીનું ઓછું છે અને તેથી બન્ને પ્લેટ વચ્ચે વિદ્યુતદબાણનો ફેર રહેવાથી વિદ્યુતપ્રવાહ શરૂ થાય છે. આ વિદ્યુતદબાણનો તફાવત પ્રવાહ શરૂ થાય તો પણ લાંબો વાર ટકી રહે છે, કારણકે બન્ને પ્લેટ ઉપર રસાયણિક ક્રિયા વડે ચાલુ વિદ્યુતભાર ઉત્પન્ન થયા કરે છે અને બન્ને પ્લેટની વચ્ચે અમુક પ્રમાણમાં વિદ્યુતદબાણનો તફાવત (difference of potential) જળવાઈ રહે છે. આ વિદ્યુતદબાણના તફાવતને વિદ્યુતચાલકબળ (electromotive force) કહેવામાં આવે છે.

ઉપરની વિદ્યુતકોષ (electric cell) ના તાંબાની પ્લેટને વધુ વિદ્યુત બળવાળો અથવા ધન છેડો (positive terminal) કહેવામાં આવે છે અને જસતની પ્લેટને ઋણ પ્લેટ અથવા

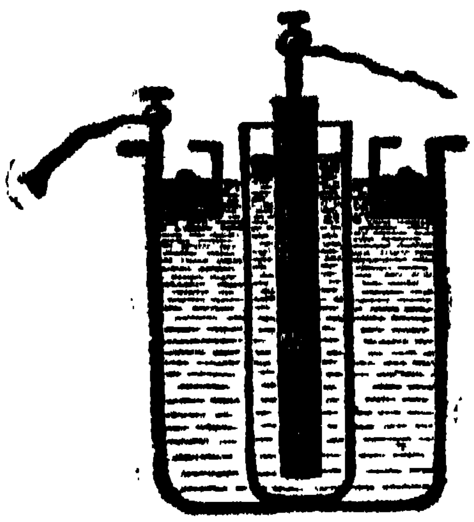
ઋણુ છેડો કહેવામાં આવે છે. તારમાં વિદ્યુતપ્રવાહ તાંબાની પ્લેટ તરફ જાય છે અને દ્રાવણમાં જસતથી તાંબાની પ્લેટ તરફ જાય છે એટલે હંમેશાં વિદ્યુતપ્રવાહ ધન છેડા તરફથી ઋણુ છેડા તરફ જાય છે એમ ધારવામાં આવે છે. આ કારણથી વિદ્યુતકોષ (electric cell) ના જે છેડાનું વિદ્યુત દબાણુ વધુ હોય તે છેડાને (+) થી અને બીજાને (–) થી દર્શાવવામાં આવે છે. દરેક વિદ્યુતકોષ (electric cell) માં રસાયણિક ક્રિયા વડે રસાયણુશક્તિનું વિદ્યુતશક્તિમાં રૂપાન્તર થાય છે.

[આ કોશમાં જસત (zinc) સલ્ફ્યુરિક ઍસિડમાં ઓગળવાથી ઝીંકસલ્ફેટ અને હાઇડ્રોજન એમ બે દ્રવ્ય છૂટાં પડે છે. હાઇડ્રોજન વાયુના અણુ ઉપર ધન ભાર ઉત્પન્ન થાય છે અને એ વાયુ તાંબાની પ્લેટ ઉપર જઇને તે પ્લેટને ધનભારવાહી બનાવે છે. ઝીંક પ્લેટ ઉપર એટલોજ ઋણુ ભાર ભેગો થાય છે. તાંબાના પ્લેટ ઉપર હાઇડ્રોજન વાયુના અણુ ચોંટવાથી ધીમે ધીમે એના ઉપર વધુ ભાર આવતો બંધ થાય છે. આથી બહારના તારમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ ઓછો થાય છે અને લાંબા વખત પછી બંધ થાય છે.

ફરીથી જો એ તાંબાની પ્લેટને હલાવી ઉપરના હાઇડ્રોજનના અણુને દૂર કરીએ તો પાછો એ કોષ (cell) જાગૃત (active) થાય છે. આ રીતે પ્રવાહ અટકે છે તેને વિદ્યુતસ્તંભન (polarisation) કહેવામાં આવે છે. નીચે દર્શાવેલા વિદ્યુતકોષોમાં સ્તંભન બને તેટલું ઓછું થાય એવી રચના કરવામાં આવી છે.]

૨. ડેનિયલ કોષ Deniell cell આ કોષમાં સાદા કોષની પેઠે એક જસતનો અને એક તાંબાનો એમ બે છેડા હોય છે. જસતનો છેડો રહેલો છે, તે વાસણમાં ઝીન્કસલ્ફેટ (જસતનો સલ્ફેટ) રાખેલો છે

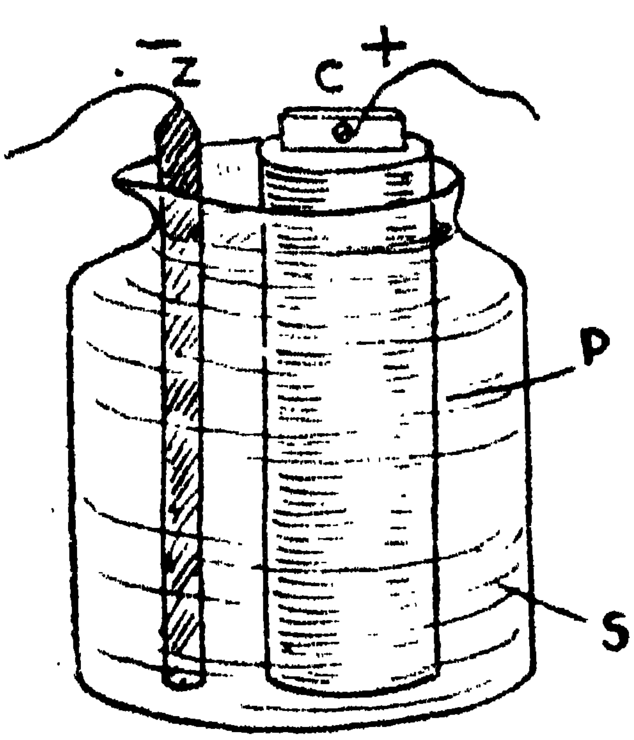
આકૃતિ ૨૪૯



અને તાંબાના વાસણમાં કૉપર સલ્ફેટ (તાંબાનો સલ્ફેટ) રાખેલો છે. બન્ને દ્રાવણ ભેગાં થઇ જાય નહિ અને વચ્ચેથી હાઇડ્રોજન વાયુ જઇ શકે તેટલા માટે જસતના સલ્ફેટને છિદ્રાળુ માટીના વાસણમાં રાખી તેમાં જસતનો છેડો રાખવામાં આવે છે. આથી બન્ને દ્રાવણ ભેગાં થઇ જતાં નથી. આમાં ધન (+) છેડો તાંબાનો છે અને ઋણ (–) છેડો જસતનો છે (આકૃતિ ૨૪૯).

૩. લૅકલાન્શે કોષ
Leclanche's cell

આકૃતિ ૨૫૦



એમાં એક છેડો કાર્બન (કોલસાનો) છે અને બીજો છેડો જસતનો છે. જસતના છેડાને ઍમોનિયમ ક્લોરાઇડના દ્રાવણ (solution of ammonium chloride) માં રાખવામાં આવે છે. કાર્બન છેડાને એક છિદ્રાળુ માટીના વાસણમાં મૅન્ગેનિઝ ડાયૉક્સાઇડ (manganese dioxide) અને કોલસા અથવા ગ્રેફાઇટના ભેળમાં રાખેલો હોય છે. એમાં કાર્બન ધન (+) છેડો છે અને જસત ઋણ (–) છેડો છે (આકૃતિ ૨૫૦).

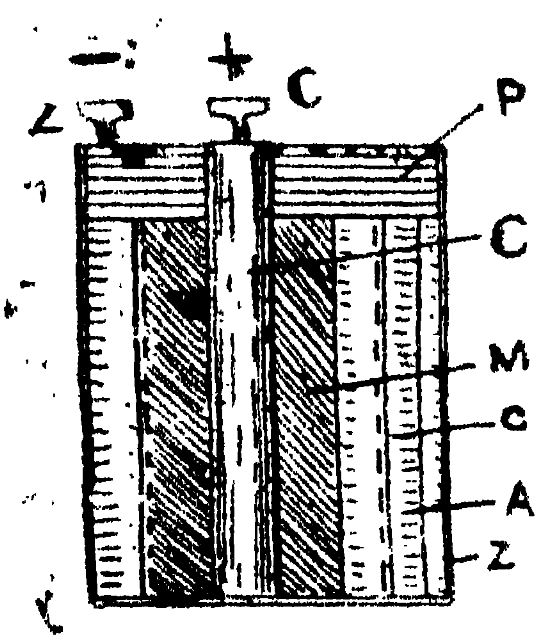
૪. બુન્સેન કોષ
Bunsen cell

એમાં ધન છેડો કાર્બનનો હોય છે અને ઋણ છેડો જસતનો હોય છે. કાર્બનના છેડાને ક્રોમિક ઍસિડમાં રાખવો પડે છે અને જસતના છેડાને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડમાં

રાખવો પડે છે. પરંતુ ઉપરના બે કોષની પેઠે એ બન્ને દ્રાવણને છૂટાં ન રાખતાં એકમેકમાં ભળવા દેવામાં આવે તો પણ ખાસ વાંધો આવતો નથી, એટલે ક્રોમિક ઍસિડ (chromic acid) અને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના મિશ્રણમાં આ બન્ને છેડા રાખવામાં આવે છે. ક્રોમિક ઍસિડને બદલે ઘણી વાર પોટાસિયમ બાઇક્રોમેટ વાપરવામાં આવે છે. આથી કેટલીકવાર એને બાઇક્રોમેટ કોષ કહેવામાં આવે છે.

૫. પોકેટ બૅટરી અથવા (નિર્દ્રવ કોષ) Dry cell

આકૃતિ ૨૫૧

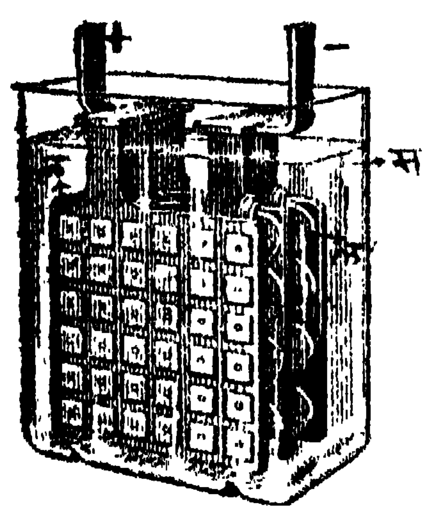


હાથની ટૉર્ચ લાઇટ માટે વપરાતી ડ્રાય સેલ (નિર્દ્રવ કોષ) ઘણાખરાએ જોઇ હશે. એમાં ઢળી જાય એવું પ્રવાહી ન હોવાથી એને નિર્દ્રવ કોષ (જેમાં દ્રવ એટલે પ્રવાહી ન હોય તેવો કોષ) કહેવામાં આવે છે. એની રચના લગભગ લૅકલાન્શે કોષ જેવીજ છે. મધ્યમાં કાર્બનનો ધન (+) છેડો (C) છે અને એના દ્રાવણ વગેરેને રાખવા માટેનું વાસણ જસતનું બનાવી તેને ઋણ (–) છેડો (Z) તરીકે વાપરવામાં આવે છે. મૅન્ગેનિઝ ડાયૉક્સાઇડ (M), ઝીન્ક ક્લોરાઇડ, ઍમોનિયમ ક્લોરાઇડ (A) અને કોલસાના અથવા ગ્રેફાઇટના બારીક ભૂકાનું (c) સહેજ ભીનાશવાળું મિશ્રણ કરી તેમાં કાર્બન છેડાને રાખવામાં આવેલો છે. એ કોષનો ઉપલો ભાગ (P) લાખ વડે બંધ કરી દેવામાં આવે છે.

૬. સંગ્રાહક કોષ
Storage cell
(Accumulator)

બૅટરી અથવા સંગ્રાહક કોષ મોટરની લાઇટ માટે તથા એન્જીન શરૂ કરવા ઘણા પ્રમાણમાં વપરાય છે. સાધારણ રીતે એવી માન્યતા હોય છે કે એમાં પહેલાં વિદ્યુતપ્રવાહ મોકલી તેનો સંગ્રહ કરવામાં આવે છે અને એ વિદ્યુતપ્રવાહને પાછળથી ઉપયોગમાં લેવાય છે. પ્રવાહનો સંગ્રહ થવાનું ખરૂં કારણ એ છે કે એમાં પ્રથમ એક દિશામાં વિદ્યુતપ્રવાહ મોકલી વિદ્યુતશક્તિનું રસાયણશક્તિ (potential chemical energy) માં રૂપાન્તર કરવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૨૫૨



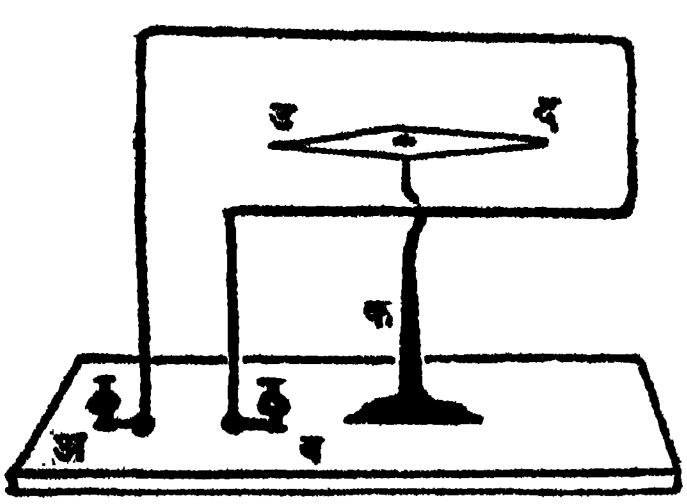
એ કોષની બન્ને પ્લેટ સીસાંની બનાવેલી હોય છે અને પ્લેટની વચ્ચે બારીક જાળી રાખી તેમાં સીસાંનો ઑક્સાઇડ (લેડ ઑક્સાઇડ અને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનુ મિશ્રણ) રાખવામાં આવે છે. બન્ને પ્લેટને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ અને પાણીના ૧ ને ૧૦ ના પ્રમાણના દ્રાવણમાં રાખવામાં આવે છે. જ્યાં વિદ્યુત મળતી હોય તે લાઇનમાંથી પ્રવાહ લઇ એ બૅટરીમાંથી (કોષમાંથી) લાંબો વખત પસાર કરવામાં આવે તો માલૂમ પડશે કે જ્યાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ દાખલ થાય છે તે છેડાનો રંગ બદલાશે અને કાળો તપકિરિયો રંગ થશે; કારણ કે એ છેડાના લેડ ઑક્સાઇડમાંથી લેડ પેરૉક્સાઇડ નામનું સંયોજન (compound) તૈયાર થાય છે. જ્યારે એમાંથી પ્રવાહ લેવામાં આવે છે ત્યારે લેડ ઑક્સાઇડનું લેડ (સીસું) બને છે, કારણ કે એમાંથી ઑક્સિજન જતો રહે છે.

જ્યારે એમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ લેવો હોય ત્યારે જે છેડામાંથી પ્રવાહ દાખલ થતો હતો તેજ છેડો ધન (positive) છેડો બને છે. આમ એ કોષને સંપૂર્ણ ભાર (charge) આપ્યો હોય તો એ લાંબો વખત કામ આપે છે.

૭. વિદ્યુતપ્રવાહની ચુંબક અસર Magnetic effect of current

પ્રયોગ (૧):—આકૃતિ (૨૫૩) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક अ ને ब છેડાને જોડેલો તાર લો. તારની વચ્ચે એક અણીવાળા સળિયા क ઉપર લોહચુંબક સોય મૂકો. લોહચુંબક સોય જે દિશામાં રહે છે તેજ દિશામાં તાર પણ રાખો. હવે अ ને ब છેડાને એક વિદ્યુતકોષ (electric cell) ના બે છેડા સાથે જોડો. લોહચુંબક સોય ઉપર શું અસર થાય તેની નોંધ કરો. अ ને ब છેડાના વિદ્યુતકોષની સાથેના જોડાણ ઊલટસુલટ કરો. હવે લોહચુંબક સોય કયી દિશામાં ફરે છે તેની નોંધ કરો.

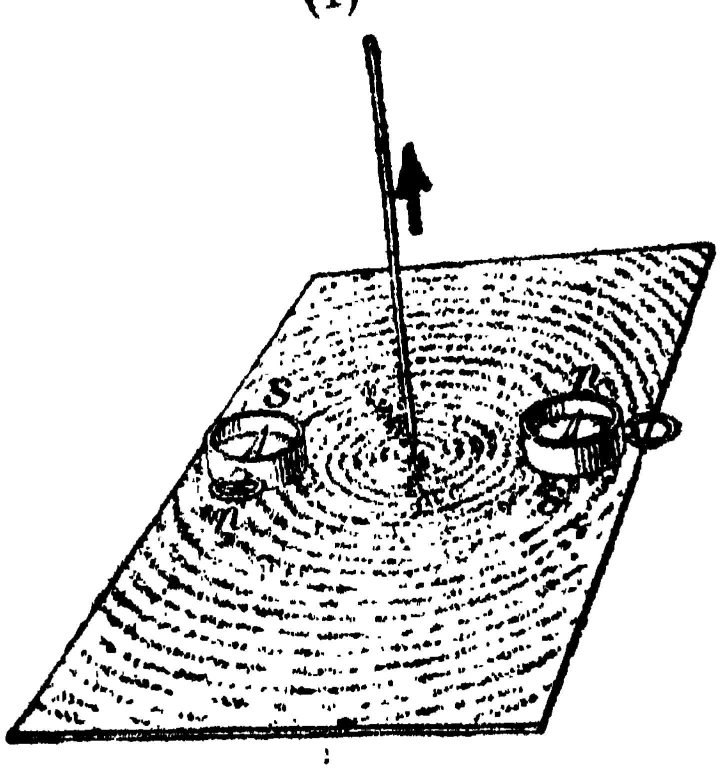
આકૃતિ ૨૫૩



(૨):—એક જાડા કાગળમાં કાણું પાડી તેમાંથી વિદ્યુતવાહક તારને પસાર કરો. આકૃતિ (૨૫૪) માં બતાવ્યા પ્રમાણે તે તારની ફરતે લોખંડનો વહેર નાંખો. કાગળને સહેજસાજ હલાવો. લોખંડનો વહેર કયી પરિસ્થિતિ પ્રાપ્ત કરે છે? આકૃતિ (૨૫૪) માં બતાવ્યા પ્રમાણે બે ચુંબક સોય (compass needle) ને તારની સામસામી બાજુએ રાખો અને તેમના ધ્રુવ કયી દિશામાં રહે છે તેની

આકૃતિ ૨૫૪

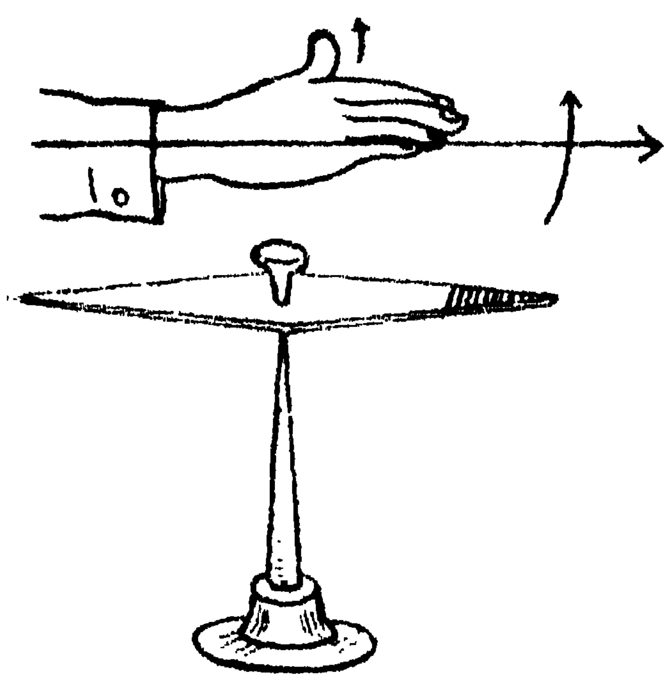
(1)



નોંધ કરો. વિદ્યુતવાહકની ફરતે ચુંબકબળ રેષા કયી દિશામાં રહે છે તેની ખાતરી કરો.

પ્રયોગ (૧) ઉપરથી સમજાય છે કે જો વિદ્યુતવાહક તારની નીચે લોહચુંબકની સોય રાખવામાં આવે તો, જ્યાં સુધી વિદ્યુત-પ્રવાહ મોકલવામાં આવે ત્યાં સુધી એ સોય કોણાવર્ત (deflect) થાય છે. જેવો વિદ્યુતપ્રવાહ બંધ થાય કે તુરત એ પાછી ઉત્તર-દક્ષિણ દિશામાં આવી જાય છે. જેમ વિદ્યુતપ્રવાહનું બળ વધુ તેમ સોયનું વર્તન (deflection)પણ વધુ હોય છે. આનું કારણ એ છે કે જ્યારે એક વાહકમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે, ત્યારે વાહકની ફરતે ચુંબકત્વ ઉત્પન્ન થાય છે; એટલે કે વાહકની ફરતે ચુંબક રેષાઓ (magnetic lines of force) અથવા ચુંબકબળ (magnetic field) પ્રવર્તે છે.

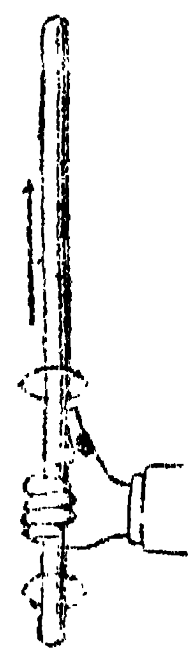
આકૃતિ ૨૫૫



પ્રયોગ (૨) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક વિદ્યુતવાહકને તારમાં કાગળ પરોવી તેની ફરતે લોખંડનો વહેર નાખીએ તો માલૂમ પડશે કે વહેરના કણો ચુંબક રેષાની દિશામાં ગોઠવાઇ જાય છે. એ ચુંબક રેષાઓ વાહકથી ફરતે વર્તુલ દિશામાં પ્રસરેલી માલૂમ પડે છે.

આકૃતિ (૨૫૬) માં જમણા હાથમાં એ વાહકને પકડેલો બતાવેલો છે. આમાં અંગુઠાથી બતાવેલી દિશામાં વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે, અને આંગળાં ચુંબકરેષાની દિશા બતાવે છે. એટલે એ વાહકની નજીક લોહચુંબક સોય રાખીએ તો

આકૃતિ ૨૫૬

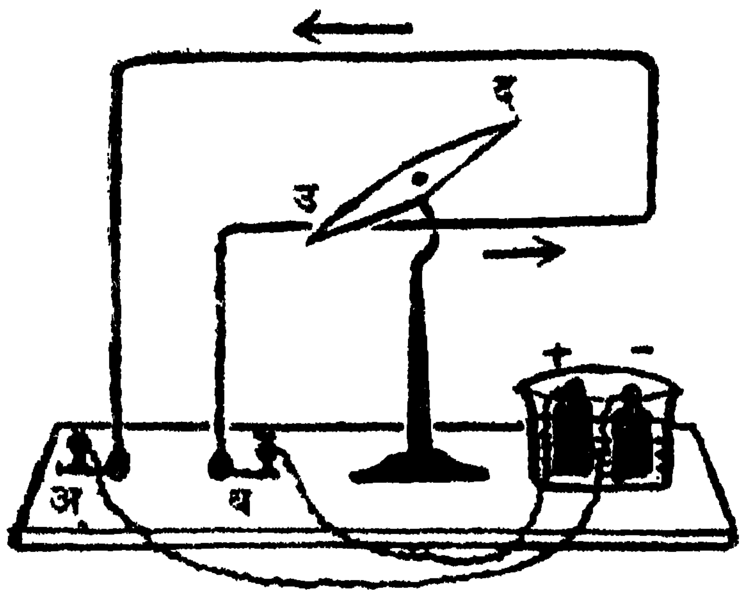


તે સોયનો ઉત્તર ધ્રુવ આંગળાંની દિશામાં કોણાવર્ત (deflect) થશે. આકૃતિ (૨૫૫) માં બતાવ્યા મુજબ એક લોહચુંબક સોયની ઉપર હાથના આંગળાની દિશામાં પ્રવાહ પસાર થાય તો સોયનો ઉત્તર છેડો જમણા હાથના અંગુઠાની દિશામાં વર્તન પામે છે. જમણા હાથની હથેલીને હમેશાં સોયની બાજુએ રાખવી જોઈએ અને આંગળાંને પ્રવાહની દિશામાં રાખવાં જોઇએ. જો પ્રવાહીની દિશા બદલીએ તો ચુંબકરેષા ઉલટી દિશામાં જશે અને તેથી લોહચુંબક સોય પણ વિરૂદ્ધ દિશામાં કોણાવર્ત થશે. પ્રવાહનું જોર જેમ વધારતા જઇએ તેમ સોય ઉપર લાગતું ચુંબકબળ પણ વિશેષ થાય છે, એટલે સોય વધુ ને વધુ કોણાવર્ત થાય છે. વિદ્યુતપ્રવાહનું ચુંબકબળ જેમ દૂર લઇ જઇએ તેમ ઓછું થાય છે, એટલે સોય પણ દૂરતાના પ્રમાણમાં વત્તીઓછી કોણાવર્ત થશે. આ અસરને વિદ્યુતપ્રવાહ માપવા માટે ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે.

૮. વિદ્યુત પ્રવાહદર્શક અને ગેલ્વેનોમિટર Current detector (galvanoscope) and galvanometer

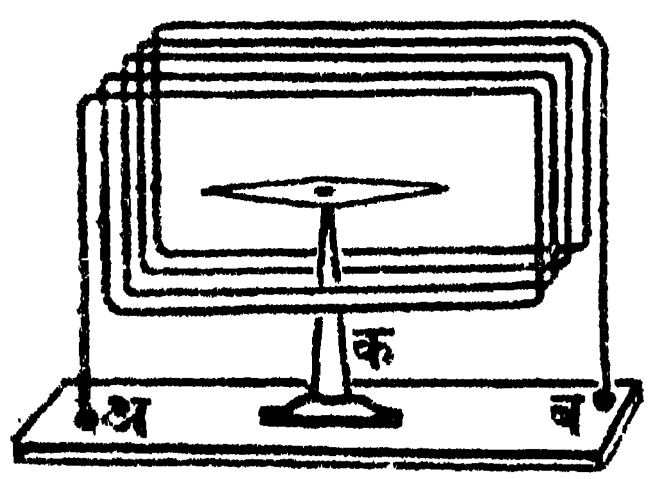
પ્રયોગ (૧):—આકૃતિ (૨૫૭)માં બતાવ્યા મુજબનું એક સ્ટેન્ડ ઉપર જડેલું વિદ્યુત-વાહક તારનું ચોકઠું લો, અને તેના મધ્યમાં એક લોહચુંબક સોયને એક અણીવાળા સળીયા ઉપર રાખો. સોય ઉત્તરદક્ષિણ દિશામાં રહેશે એટલે એ ચોકઠાંને પણ એજ દિશામાં રાખો. હવે એ તારના અ ને બ છેડાને એક વિદ્યુત કોષ સાથે બતાવ્યા પ્રમાણે જોડો. લોહ-ચુંબક સોય કેટલું કોણાવર્તન (deflection) પામી તેની નોંધ લો. હવે અ ને બ છેડાને એકને બદલે બે કોષની સાથે જોડો. લોહચુંબક સોય કેટલું વર્તન પામી તે નોંધો.

આકૃતિ ૨૫૭



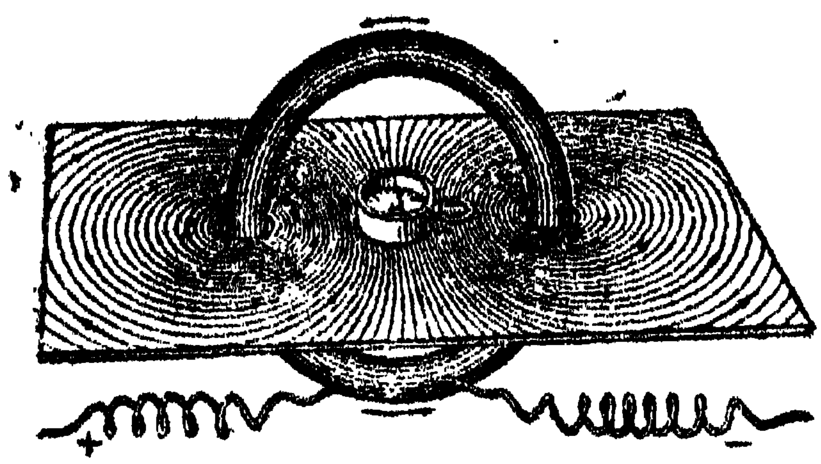
(૨) આકૃતિ (૨૫૮)માં બતાવ્યા મુજબ એક ઘણા તારનું ચોકઠું લઇ તેની વચ્ચે क સળિયા ઉપર લોહચુંબક સોય રાખો. હવે એના अ ને ब છેડાને અનુક્રમે એક અને બે કોષ સાથે જોડો. આ વખતના સોયના કોણાવર્તન (deflection)ને પહેલા પ્રયોગમાં થયેલા કોણાવર્તન સાથે સરખાવો.

આકૃતિ ૨૫૮



ઉપરના પ્રયોગો ઉપરથી સમજાય છે કે આકૃતિ (૨૫૭) ના જેવી રચના કરવાથી વિદ્યુત પ્રવાહનું માપ જાણી શકાય છે. પ્રવાહ ચાલુ થવાથી લોહચુંબક સોય જે ઉત્તરદક્ષિણ રહે છે, તે કોણાવર્ત થઇ બીજી દિશામાં રહે છે; પરંતુ એ કોણાવર્તન વિદ્યુતપ્રવાહની ઉપર આધાર રાખે છે. વિદ્યુતપ્રવાહ વધુ તેમ સોયનું કોણાવર્તન (deflection) પણ વધુ; વળી એકજ પ્રવાહથી પ્રયોગ (૧) કરતાં પ્રયોગ (૨)માં વધુ કોણાવર્તન થાય છે, કારણ કે પ્રયોગ (૧) માં એકજ તારનું ચુંબકબળ સોય ઉપર અસર કરે છે, જ્યારે પ્રયોગ (૨) માં ઘણા સમાન્તર તારોમાંથી પસાર થતા વિદ્યુતપ્રવાહના ચુંબકબળની અસર થાય છે. આવાં સાધનને પ્રવાહદર્શક (galvanoscope or current detector) કહેવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૨૫૯

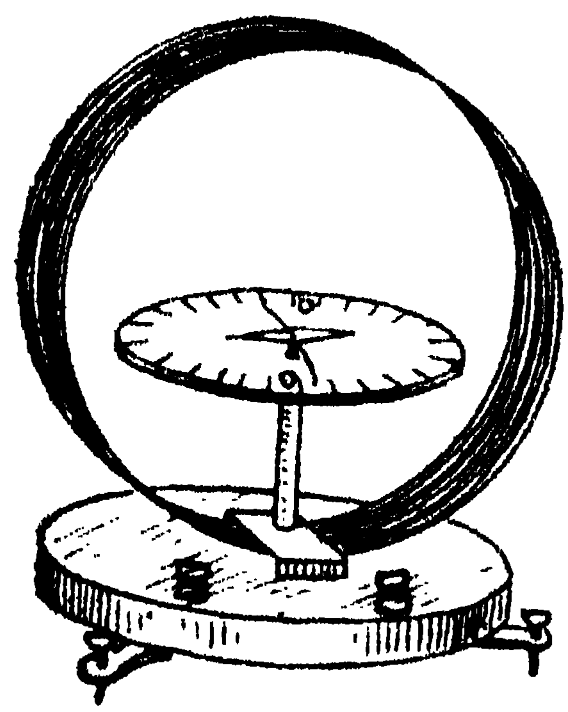


બહુજ સૂક્ષ્મ પ્રવાહ માપવાને આકૃતિ (૨૫૯) માં બતાવ્યા પ્રમાણે લાંબા રેશમથી વિંટેલા તારોને ગોળ ચક્રમાં ગુંછળું (coil) વિંટાળી તેમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરવામાં આવે છે. એ ગુંછળાંના મધ્યમાં સૌથી વિશેષ ચુંબકબળ ઉત્પન્ન થાય છે. એ ગુંછળાને ઉત્તર દક્ષિણ એટલે કે સોયની સમાન્તર દિશામાં રાખવામાં આવે છે. વિદ્યુતપ્રવાહ ચાલુ થાય ત્યારે મધ્યમાં રાખેલી ચુંબક સોય ઉપર પૂર્વ પશ્ચિમ દિશામાં ચુંબકબળ ઉત્પન્ન થાય છે. આમ જ્યારે વિદ્યુતપ્રવાહ ચાલુ થાય છે, ત્યારે ગુંછળાંની મધ્યમાં બે બળ ઉત્પન્ન થાય છે. એક ઉત્તર દક્ષિણ દિશાનું પૃથ્વીનું ચુંબકબળ અને બીજું પૂર્વપશ્ચિમ દિશાનું વિદ્યુતપ્રવાહનું ચુંબકબળ. આથી ગુંછળાંની મધ્યની લોહચુંબક સોય આ બે બળને લીધે વિદ્યુતપ્રવાહના જોરના પ્રમાણમાં પૂર્વ કે પશ્ચિમ તરફ કોણાવર્ત થાય છે.

આ સાધનવડે આપણે કોઇપણ વિદ્યુતપ્રવાહનું માપ કાઢવું હોય તો આ સાધનના બે છેડાને વિદ્યુત માર્ગ (electric circuit) માં જોડી કેટલું કોણાવર્તન (deflection) થાય તે નોંધવું પડશે.

આવાં ગોળ ગુંછળાંવાળા પ્રવાહદર્શકની વચ્ચે એક ખૂણાના માપવાળું ચક્ર રાખવામાં આવે છે અને લોહચુંબકની સોયને તેના ઉપર લટકાવવામાં આવે છે. સોય નાની હોય છે એટલે તેના ઉપર કાટખૂણે એક લાંબો અને હલકો

આકૃતિ ૨૬૦



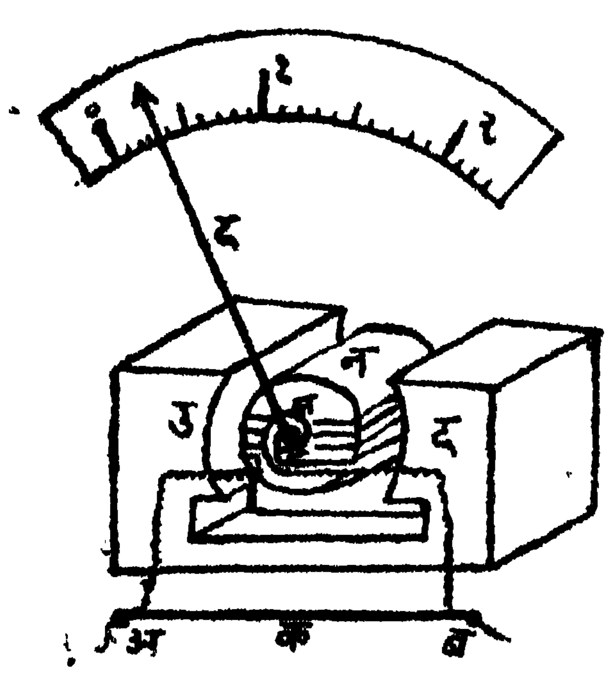
ગૅલ્વેનોમિટર,
Galvanometer

દર્શક (pointer) રાખવામાં આવે છે. એ દર્શકવડે સેાયનું કેાણાવર્તન માપવામાં આવે છે, અને તેના ઉપરથી પ્રવાહનું મૂલ્ય શેાધવામાં આવે છે. આવાં સાધનને ગૅલ્વેનેામિટર (galvanometer) કહેવામાં આવે છે. ગૅલ્વેનેામિટરના તારના ગુંછળાંને હમેશાં ઉત્તર દક્ષિણ દિશામાં રાખવામાં આવે છે. એની નીચે ત્રણ સ્ક્રૂ છે તેના વડે તેના પાયાને બરાબર સમસુત્ર રાખવામાં આવે છે.

૯. એમિટર,
Ammeter

ગૅલ્વેનેામિટરમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ સીધેા નેાંધી શકાતેા નથી, પરંતુ વર્તનકેાણુની ઉપરથી ગણુતરી કરી તેનું માપ કાઢવું પડે છે. આને બદલે વિદ્યુતપ્રવાહ જો સીધેા જ કેાઇ સાધન વડે માપી શકાય તેા સારૂં. એટલાં પૂરતું વિદ્યુતપ્રવાહ માપવાને

આકૃતિ ૨૬૧



એમિટર (ammeter) નામનું સાધન તૈયાર કરવામાં આવ્યું છે. એની રચના આકૃતિ (૨૬૧) માં બતાવી છે. એક ઘણા બળવાન લેાહચુંબકના બે ધ્રુવની વચ્ચે એક લેાખંડના નળા (cylinder) ઉપર તાર વિંટાળેલેા છે. એ તારનેા એક છેડા (अ) ને અને બીજો છેડા (ब) ની સાથે સાંધેલેા છે. લેાખંડના નળાને એક ધરી ઉપર ગેાળ ફરે તેમ પરંતુ સ્પ્રિંગ स વડે એક જ જગ્યાએ આવી રહે તેમ રાખેલેા

છે. એ સ્થિતિમાં એ નળાની સાથે લગાડેલો દર્શક द પ્રવાહના માપની આંકપટી (scale) ઉપર 0 નો આંકડો દર્શાવે છે. જ્યારે એ સાધનના अ ને ब છેડાને વિદ્યુત માર્ગમાં જોડીએ, ત્યારે તેમાંથી પ્રવાહ પસાર થવાથી એ નળાકારમાં ઉપર વિંટાળેલા તારને લીધે ચુંબકત્વ ઉત્પન્ન થાય અને તેના અને આજુબાજુ રાખેલા લોહચુંબકના આકર્ષણ બળને લીધે એ નળાકારનું પ્રવાહના જોરના પ્રમાણમાં કોણાવર્તન (deflection) થાય છે. પ્રવાહનું મૂલ્ય દર્શક द વડે સીધું જ વાંચી શકાશે.

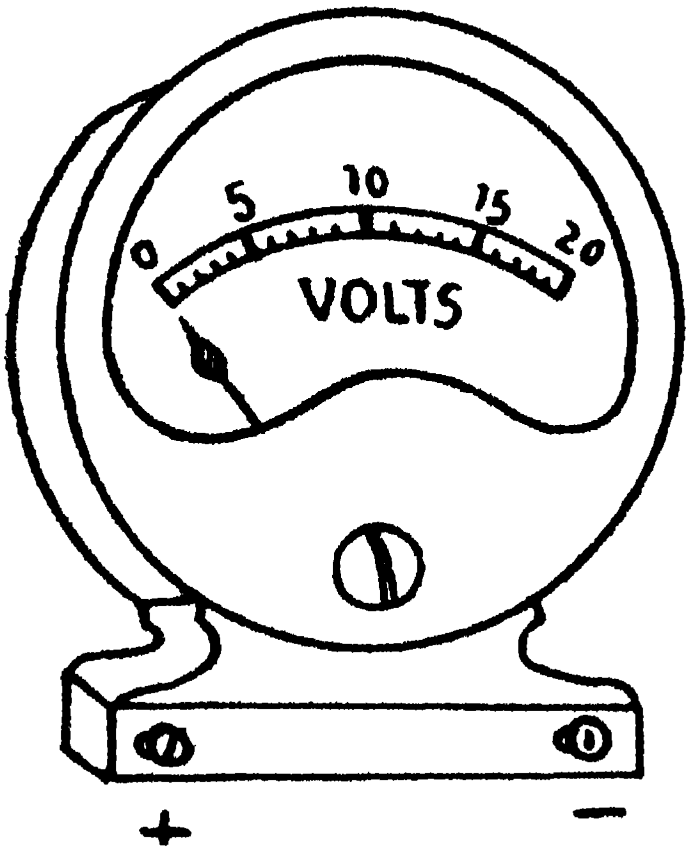
વિદ્યુતપ્રવાહના એકમને એમ્પિયર (ampere) કહેવામાં આવે છે એટલા પૂરતું આ સાધનને એમિટર (ammeter) કહેવામાં આવે છે. એમિટર એટલે વિદ્યુત પ્રવાહને એમ્પિયરમાં માપવાનું સાધન.

આ સાધન વડે મોટો વિદ્યુતપ્રવાહ માપવો પડે છે એટલે બધો પ્રવાહ નળાકાર ઉપર વિંટાળેલા પાતળા તારમાંથી ન મોકલતાં મોટા ભાગનો પ્રવાહ સીધો अब ને જોડતા એક વાહક (क) માંથી પસાર થાય છે અને નળાકાર ઉપર વિંટાળેલા તારમાંથી બહુ ઓછો પ્રવાહ પસાર થાય છે.

૧૦ વોલ્ટમિટર Voltmeter

એક ઊંચી ટાંકીમાંથી એક નળ વાટે પાણી નીચે લાવવામાં આવે તો પાણીના પ્રવાહના વેગનો આધાર ટાંકીની ઊંચાઇને લીધે લાગતાં દબાણ ઉપર રહે છે. જેમ ટાંકી ઊંચી તેમ દબાણ વધુ અને તેથી પાણીના પ્રવાહનો વેગ વધુ. આમ નળમાંના પાણીના પ્રવાહનો આધાર પાણીના દબાણ ઉપર રહે છે. એજ પ્રમાણે વિદ્યુતપ્રવાહના મૂલ્યનો આધાર વિદ્યુતચાલકબળ અથવા વિદ્યુતદબાણ (electromotive force) ઉપર રહે

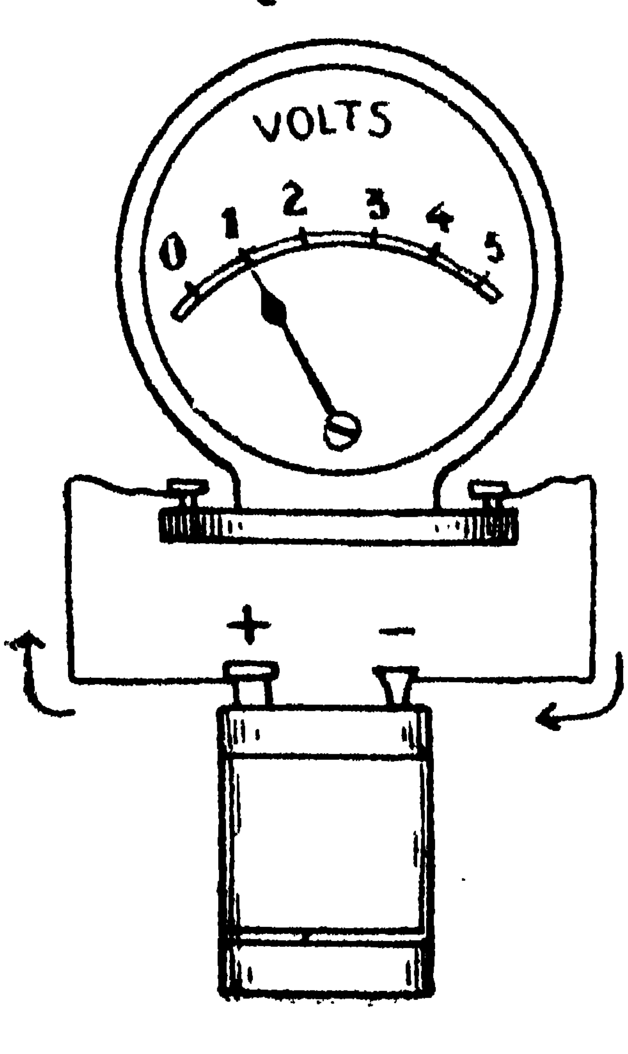
આકૃતિ ૨૬૨



વોલ્ટમિટર.

છે. જો વિદ્યુતદબાણ અથવા વિદ્યુતચાલક બળ વધારે હોય તો વિદ્યુતપ્રવાહ પણ વધારે થાય છે. એટલે એક વિદ્યુત પ્રવાહ કેટલા બળથી મોકલવામાં આવે તે પણ જાણવું જરૂરનું છે. એ જાણવા માટે વિદ્યુતદર્શક (આકૃતિ ૨૩૫) વાપરી શકાય, પરંતુ પ્રમાણમાં બૅટરીનું વિદ્યુતચાલકબળ બહુ ઓછું હોવાથી એનું વિદ્યુતચાલકબળ વિદ્યુતદર્શક વડે નોંધી શકાતું નથી. આટલા માટે વોલ્ટમિટર નામનું સાધન રાખવામાં આવ્યું છે. એની રચના એમિટરના જેવીજ છે. ફેરમાત્ર એટલો કે આકૃતિ (૨૬૧) માં અ અને બ જોડતો જાડો તાર ક એમાં રાખવામાં આવતો નથી એટલે કે અ ને બ ને સીધો સંબંધ નથી રાખવામાં આવતો.

આકૃતિ ૨૬૩



આથી બધો પ્રવાહ નળાકાર ઉપર વિંટેલા તારમાંથી પસાર થાય છે. વોલ્ટમિટરમાંથી (આકૃતિ ૨૬૨) બહુજ ઓછો પ્રવાહ પસાર થાય છે; કારણ કે એની અંદરના તારનો પ્રતિરોધ (resistance) ઘણો વધારે રાખવામાં આવે છે. જે કોષનું વિદ્યુતચાલકબળ માપવું હોય તેનો ધન છેડો વોલ્ટમિટર ઉપર દર્શાવેલા ધન (+) છેડા

સાથે જોડવામાં આવે છે અને ઋણ છેડો વોલ્ટમિટરના ઋણ (–) છેડા સાથે જોડવામાં આવે છે.

વિદ્યુતચાલકબળ (electromotive force)ને ઘણીવાર વોલ્ટેજ (voltage) કહેવામાં આવે છે, કારણ કે એ બળનો એકમ (unit) એક વોલ્ટ ગણાય છે. એટલા માટેજ ઉપલાં સાધનને વોલ્ટમિટર કહેવામાં આવે છે.

૧૧. પ્રતિરોધ (અવરોધ) Resistance પાણી નળમાં થઇને જતું હોય તો જેમ નળ મોટો તેમ પાણી વધુ સરળતાથી જઈ શકે છે અને જેમ નળ સાંકડો તેમ પાણીનો પ્રવાહ ઓછો થાય છે. સાંકડો નળ પાણીના પ્રવાહને અવરોધ આપે છે. આજ પ્રમાણે વિદ્યુતપ્રવાહ પણ જાડા તારમાંથી વધુ પસાર થાય છે અને પાતળા તારમાંથી ઓછી પસાર થાય છે; અથવા બીજી રીતે કહીએ તો જાડો તાર વિદ્યુતપ્રવાહને ઓછો પ્રતિરોધ (resistance) આપે છે અને પાતળો તાર વધુ પ્રતિરોધ (resistance) આપે છે. આમ છતાં જો વિદ્યુતચાલકબળ (electromotive force) વધુ હોય તો તેના પ્રમાણમાં તેજ તારમાંથી વધુ વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે. એટલે આપણે નીચેનો સારાંશ કાઢી શકીએ છીએ.

(૧) પ્રતિરોધનો આધાર વાહક (તાર) ના પદાર્થ ઉપર રહે છે. કેટલીક ધાતુનો પ્રતિરોધ વધુ હોય છે અને કેટલીકનો ઓછો હોય છે.

(૨) પ્રતિરોધ તારની લંબાઇના પ્રમાણસર રહે છે; જેમ લંબાઇ વધુ તેમ પ્રતિરોધ વધુ.

(૩) પ્રતિરોધ વાહકના આડછેદ (cross section) થી ઊલટા પ્રમાણમાં આધાર રાખે છે. આડછેદ ઓછો હોય તેમ પ્રતિરોધ વધુ અને આડછેદ વધુ હોય તેમ પ્રતિરોધ ઓછો થાય છે; એટલે કે પાતળા તારનો પ્રતિરોધ વધુ થાય છે અને જાડાનો ઓછો થાય છે.

આમ છતાં પ્રવાહના મૂલ્યનો આધાર માત્ર પ્રવાહના પ્રતિરોધ ઉપર રહેતો નથી, પરંતુ વિદ્યુતચાલકબળ ઉપર પણ રહે છે. એક તારમાંથી ઓછો પ્રવાહ પસાર થતો હોય તે વિદ્યુતચાલકબળ વધારવાથી વધી શકે છે. આથીજ જો એક તારમાંથી એક વિદ્યુતકોષ વડે પ્રવાહ પસાર કરીએ તેને બદલે બે વિદ્યુતકોષ જોડી પસાર કરીએ તો પ્રવાહ લગભગ બેવડો થશે. વિદ્યુતચાલકબળ વધુ તેમ વિદ્યુતપ્રવાહ વધુ. વિદ્યુતચાલકબળ અને પ્રતિરોધ એ બે વસ્તુ ઉપરજ વિદ્યુત પ્રવાહનો આધાર રહે છે. એ ત્રણનો અરસપરસ સંબંધ દર્શાવતો નિયમ નીચે દર્શાવ્યો છે.

૧૨. ઓહ્મનો કાયદો
Ohm's law

ઓહ્મ નામના વૈજ્ઞાનિકે પ્રથમ આ કાયદો શોધી કાઢ્યો હતો, એટલે એને ઓહ્મનો કાયદો કહેવામાં આવે છે.

એ પ્રમાણે

વિદ્યુતચાલકબળ = વિદ્યુતપ્રવાહ × પ્રતિરોધ.

Electromotive force = Electric current × Resistance

આમ જો વિદ્યુતચાલકબળ (જેને ઘણીવાર વિદ્યુત દબાણ અથવા electric voltage કહેવામાં આવે છે) અને પ્રતિરોધ (resistance) જાણવાથી એક વિદ્યુતમાર્ગ (electric circuit)

માંથી કેટલો વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે તે જાણી શકાય છે. વિદ્યુત દબાણને વોલ્ટમાં, વિદ્યુતપ્રવાહને એમ્પિયરમાં અને પ્રતિરોધને ઓહમમાં માપવામાં આવે છે; એટલે ઓહમના નિયમ પ્રમાણે

વોલ્ટ = ઍમ્પિયર × ઓહમ

થાય છે. એ ત્રણમાથી બેના મૂલ્ય જાણીએ એટલે ત્રીજાનું મૂલ્ય મળી આવે છે.

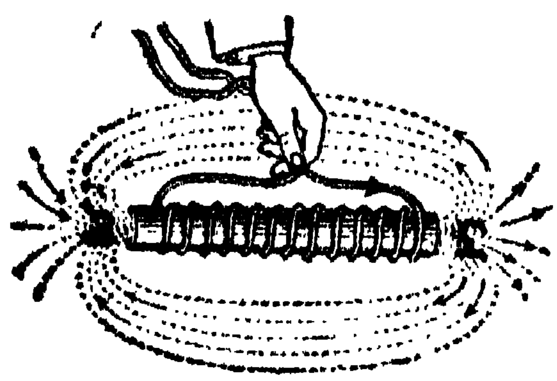
૧૩. વિદ્યુતપ્રવાહની મુખ્ય અસરો

વિદ્યુતપ્રવાહની મુખ્ય અસરો નીચે દર્શાવવામાં આવી છે. એ દરેક અસરનો આધાર પ્રવાહના મૂલ્ય ઉપર અને વિદ્યુતચાલકબળ ઉપર રાખે છે.

(૧) ચુંબક અસર (Magnetic effect)

વિદ્યુતપ્રવાહ શરૂ થાય એટલે વાહકની ફરતે ચુંબકબળ ઉત્પન્ન થાય છે. જ્યાં સુધી વિદ્યુતભાર સ્થિર હોય છે, ત્યાંસુધી ચુંબકબળ પેદા થતું નથી. આકૃતિ (૨૬૪) માં બતાવ્યા પ્રમાણે જો એક ભરતર લોખંડ (soft iron) ના સળિયાને ફરતે (અલગ રહેલો) વિદ્યુતવાહક તાર વિંટાળવામાં આવે અને જ્યાં સુધી પ્રવાહ ચાલુ રહે છે, ત્યાં સુધીજ એ સળિયો લોહચુંબકના ગુણો ધરાવે છે. આવી જાતના લોહ-ચુંબકને વિદ્યુતચુંબક (electromagnet) કહેવામાં આવે છે. જો ભરતર લોખંડને બદલે પોલાદ લોખંડ (steel) નો સળિયો રાખીએ તો તેમાં એટલું બધું ચુંબકબળ આવતું નથી, પરંતુ પ્રવાહ અટકાવીએ ત્યારે એ સળિયામાંથી ચુંબકબળ જતું રહેતું નથી, પરંતુ થોડું ચુંબકત્વ કાયમને માટે રહી જાય છે.

આકૃતિ ૨૬૪



આમ વિદ્યુતપ્રવાહ વડે ભરતર લેાખંડના સાળયામાં પેાલાદના સળિયાના કરતાં વધુ ચુંબકત્વ આવે છે, પરંતુ ભરતરનું ચુંબકત્વ ક્ષણિક હેાય છે અને લાંબેા વખત ટકી રહે છે.

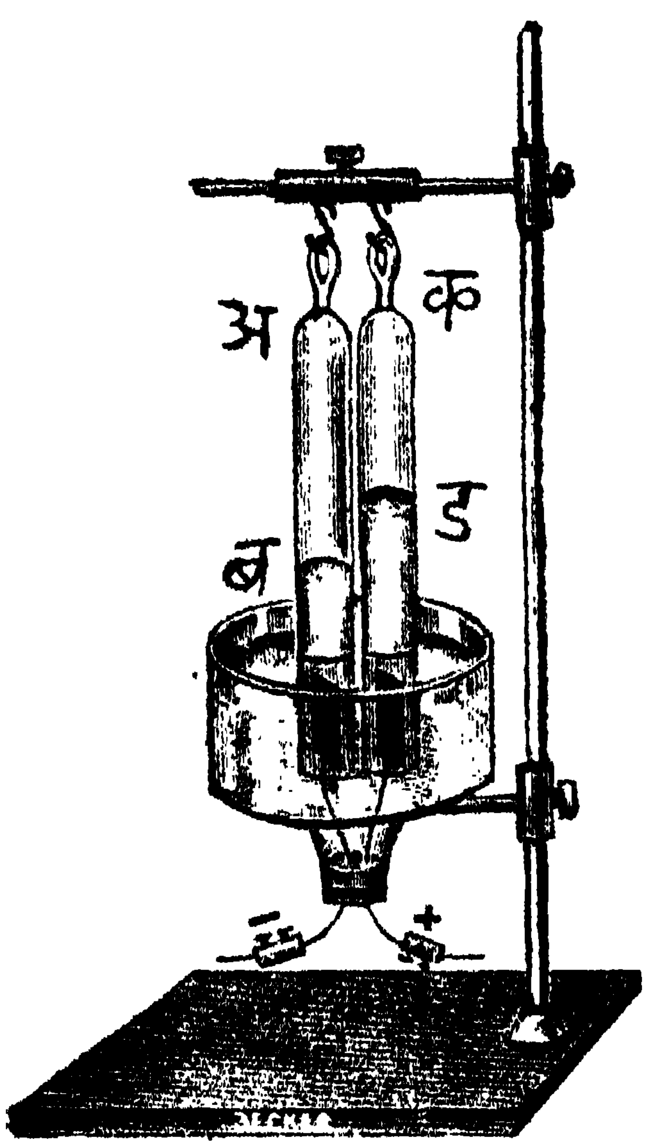
(૨) ઉષ્ણુતાની અસર (Heat effect)

જો પાતળા તારમાંથી ઘણા વિદ્યુતચાલકબળ (electromotive force) વડે મેાટેા વિદ્યુતપ્રવાહ મેાકલવામાં આવે તેા તાર ગરમ થયેલેા માલૂમ પડે છે. જેમ પાતળેા તાર તેમ ઉષ્ણુતા વધુ. આ ઘટનાનેા રક્ષક (safety) સાધન તરીકે ઉપયેાગ કરવામાં આવ્યેા છે. ઘરમાં વિદ્યુત લેવામાં આવી હેાય તે તારના માર્ગની વચ્ચે ચીનાઇ માટીનાં નાનાં ચેાકઠાંમાં એક સીસાંનેા તાર રાખી વિદ્યુતપ્રવાહ તેમાં થઇને મેાકલવામાં આવે છે. સીસાંને ગરમ કરવાથી તુરત પીગળી જાય છે, એટલે અકસ્માતે જો તારમાંથી ઘણેાજ મેાટેા પ્રવાહ પસાર થાય તેા એ સીસાંનેા તાર અતિ ગરમ થઇને પીગળી જાય છે; અને વચ્ચેથી તૂટી જઇને વિદ્યુતપ્રવાહનેા માર્ગ બંધ કરે છે. જો આવી રચના ન કરી હેાય તેા ઘરની આખી વિદ્યુત તારની દેારી (line) સળગી જવાનેા ભય રહે છે. આ સીસાંના તારને ફ્યુઝ (fuse) કહેવામાં આવે છે. વિદ્યુત દીવામાં જે તાર હેાય છે તે પણ વિદ્યુતપ્રવાહને લીધે ગરમ થઇ પ્રકાશ આપે છે. એ તાર ટંગસ્ટન જેવી ધાતુનેા બનાવેલેા હેાવાથી ઘણેા ગરમ થાય છે, છતાં પીગળી જતેા નથી. વિજળીથી ગરમી ઉત્પન્ન કરવાના હવે ઘણા સાધનેા વપરાય છે. વીજળીના ચૂલા, વીજળીની ભઠ્ઠી, વીજળીની અસ્રી, વીજળીની ચહાદાની વગેરે અનેક સાધનેામાં વિદ્યુતની ઉષ્ણુતાની અસરનેા ઉપયેાગ થાય છે.

(૩) રસાયણિક અસર (Chemical effect):-

વિદ્યુત પ્રવાહ જો કોઇ ક્ષારનાં દ્રાવણ (salt solution) માંથી પસાર કરવામાં આવે તો એ ક્ષારનું રસાયણિક પૃથક્કરણ થાય છે. એ અસરને ઘણીવાર વિદ્યુત-પૃથક્કરણ (electrolysis) કહેવામાં આવે છે. આકૃતિ (૨૬૫) માં अब અને कड એમ બે નળી બતાવેલી છે. એ બન્ને નળીમાં સહેજ ઍસિડવાળું પાણી ભરેલું છે; અને તેમને એવાંજ પાણીથી ભરેલાં વાસણમાં ઊંધી વાળેલી છે. દરેક નળીની અંદર અક્કેક વિદ્યુત છેડો નીચેથી (electrode) દાખલ કરેલો છે. સાધારણ દબાણવાળો વિદ્યુત પ્રવાહ એમાંથી પસાર કરવામાં આવે તો માલૂમ પડશે કે બન્ને નળીની ટોચે વાયુ ભેગો થવા લાગે છે અને પાણીની સપાટી નીચે ઉતરે છે. ઋણ (–) છેડા (cathode) તરફ વધારે વાયુ ભેગો થશે અને ધન (+) છેડા (anode) તરફ અર્ધો વાયુ ભેગો થશે. આ બંને વાયુને તપાસતાં માલૂમ પડશે કે ઋણ છેડા તરફ હાઇડ્રોજન (H_2) ભેગો થયો છે અને ધન છેડા તરફ ઑક્સિજન (O_2) ભેગો થયો છે. હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનના કદનું પ્રમાણ ૨ : ૧ જેટલું હોય છે કારણ કે પાણી બે ભાગ હાઇડ્રોજન અને એક ભાગ ઑક્સિજનનું બનેલું છે. પાણીના અણુનું પૃથક્કરણ થવાથી હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. એજ પ્રમાણે ઘણાખરા ક્ષાર

આકૃતિ ૨૬૫



(chemical salt) નું પણ પૃથક્કરણ થઇ શકે છે. દાખલા તરીકે મીઠું એ સોડિયમ અને ક્લોરિન તત્ત્વોનું બનેલું છે. એટલે મીઠાંના દ્રાવણમાંથી વિદ્યુત પસાર કરતાં એ બન્ને તત્ત્વો છૂટાં પાડી શકાય છે.

(૪) શારીરીક અસર (Physiological effect) :-

૨૩૦ વોલ્ટ જેટલાં દબાણથી આપણા ઘરોમાં જે વિદ્યુત પ્રવાહ આપવામાં આવે છે, એવા ખુલ્લા તારને જો આપણે હાથ વડે અડકીએ તો એ પ્રવાહ આપણા શરીરદ્વારા જમીનમાં ઊતરી જાય છે અને એથી આપણને મોટો આંચકો (shock) લાગે છે. એ આંચકાથી શરીરના લોહીનાં બિંદુ નિષ્ક્રિય (inactive) બની જાય છે અને જો લાંબો સમય એ પ્રવાહ પસાર થાય તો પરિણામે મૃત્યુ પણ થાય છે. એ જ કારણથી વિદ્યુત તારને અલગ (insulate) કરવામાં આવે છે, એટલે કે તારની ફરતે રબર અને કાપડનું ખોગીન કરવામાં આવે છે. ખૂલ્લો તાર હોય તો એને અડકવામાં જોખમ રહેલું છે.

૧૪. વિદ્યુતવાહક તારને અલગ (insulate) શા માટે કરવામાં આવે છે.

દરેક મકાનોમાં વિદ્યુત વાહક તારો ઉપર હમેશાં કપડું કે રબર અથવા બન્નેનું ખોગીન રાખવામાં આવે છે, અથવા તો તારને લાકડાંની પટી ઉપર દરેક બાજુથી બંધ રાખવામાં આવે છે. એજ પ્રમાણે રસ્તા ઉપર વિદ્યુત તારના દોરડાં સ્તંભ ઉપર થઇને પસાર થાય છે, ત્યાં પણ થાંભલા ઉપર જડેલા ચિનાઇ માટીના પ્યાલા ઉપરજ તાર બાંધવામાં આવે છે. આનું કારણ એ છે કે જો તારનો ખૂલ્લો ભાગ જો કોઇ વાહક

વસ્તુને અડે તો તે દ્વારા વિદ્યુત જમીનમાં ઊતરી જાય અને નાહકનો વ્યય થાય. બીજું કારણ આગળ દર્શાવ્યું તે પ્રમાણે માણસને આંચકો ન લાગે એટલા પૂરતું હોય છે. ઘણીવાર બેકાળજીથી માણસ એક ચાલુ તારને અડકે તો તેને સખત આંચકો લાગે છે અને કેટલીકવાર મૃત્યુ પણ નિપજે છે.

વિદ્યુતના ખૂલ્લા તારને કોઈવાર અડકવો પડે તો સુકાં લાકડાંના સ્ટૂલ ઉપર ઊભા રહીને અડકવો, પરંતુ આપણા શરીરનો કોઈપણ ભાગ આસપાસના કોઇ માણસને અથવા દિવાલને કે બીજા તારને ન અડકે તેની કાળજી રાખવી. કોઇ માણસ વિદ્યુતના તારની અડફટમાં આવી ગયો હોય તેને છૂટો કરવો હોય તો તારને લાકડી વડે અથવા સુકાં કપડાં વડે પકડીને ખેંચી લેવો.

૧૫. વિદ્યુત અને ઉષ્ણુતા

આગળ જોયું તેમ જો પાતળા વાહકમાંથી વિદ્યુત પસાર થાય તો તે વાહક ઉષ્ણ થાય છે. આ ઉપરથી આપણે લાગે છે કે શક્તિસંરક્ષણના સિદ્ધાંત (principle of conservation of energy) પ્રમાણે વિદ્યુતશક્તિનું ઉષ્ણુતામાં રૂપાન્તર થઇ શકે છે. એવું માલૂમ પડયું છે કે વિદ્યુત બળથી ઉત્પન્ન થતું કાર્ય અને તેટલાજ બળથી ઉત્પન્ન થતી ઉષ્ણુતા એ બન્ને સરખાવતાં જૂલનો કાર્યનો નિયમ પૂરવાર થાય છે. એક તારમાંથી કેટલી ઉષ્ણુતા બહાર પડે છે તે જૂલના નિયમ વડે શોધી કઢાય છે.

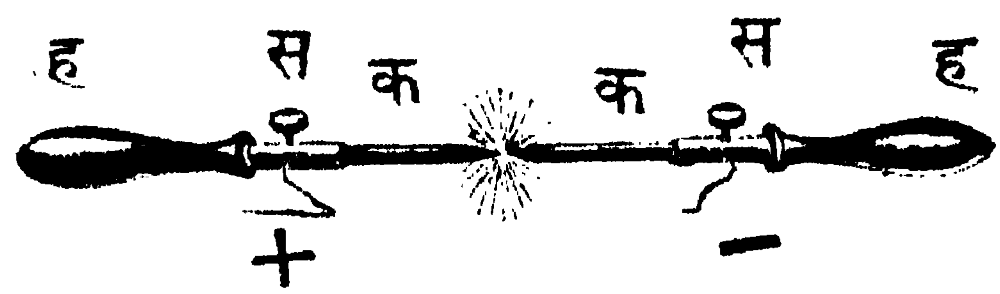
$$\left.\begin{array}{l}\text{કુલ્લ બહાર}\\ \text{પડેલી ઉષ્ણુતા}\\ \text{(કૅલૉરીમાં)}\end{array}\right\} \times (\text{જૂલનો આંકડોજ}) = (\text{વિદ્યુતપ્રવાહ})^2 \times (\text{પ્રતિરોધ}) \times (\text{સમય})$$

અથવા, (ઉષ્ણતા)×(જ)=(વિદ્યુત દબાણુ)×(વિદ્યુત પ્રવાહ)×(સમય)
એટલે, ઉષ્ણતા કૅલૉરીમાં =૦.૨૪×(વોલ્ટેજ) × (એમ્પિયર) × (સમય)
Heat in calories =0·24×(voltage)×(amperes)×(seconds)

૧૬. વિદ્યુતજ્યોત
Electric arc

આકૃતિ (૨૬૬) માં બતાવ્યા પ્રમાણે બે કોલસાના (કાર્બન) સળિયા ક લઇ બન્નેને એક વિદ્યુત દોરી(electric mains) ના બે છેડાને સ સ્ક્રૂ સાથે જોડવામાં આવે છે. એ તારની દોરીમાં વચ્ચે થોડો પ્રતિરોધ (resistance) રાખવામાં આવે છે. હવે બન્ને છેડાને તેના લાકડાંના હાથા હ વડે પકડીને

આકૃતિ ૨૬૬



વિદ્યુતજ્યોત.

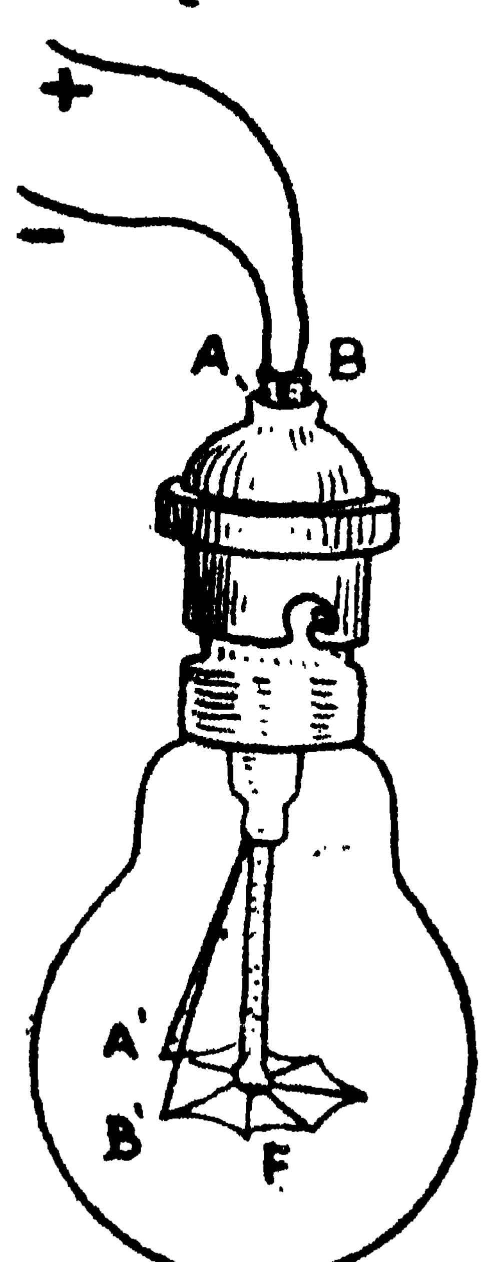
નજીક લાવવામાં આવે, તો તેમાંથી મોટો વિદ્યુત પસાર થાય છે; કારણ કે કાર્બન (કોલસો) વિદ્યુતવાહક છે. એ બન્ને છેડાને જો હવે સહેજ છૂટા પાડીએ તો બન્નેની વચ્ચે વિદ્યતની જ્યોત (arc) ઉત્પન્ન થાય છે અને અને લાંબો વખત સુધી એ જ્યોત ચાલુ રહે છે. એમાંથી બહુજ ઉજ્જવલ પ્રકાશ નીકળે છે, એટલે જ્યાં ઘણો બનાવટી પ્રકાશ જોઇતો હોય, ત્યાં આ સાધનનો ઉપયોગ થાય છે. વિજળીના પ્રકાશિત દીવા શોધાયા તે પહેલાં જાદુઇ ફાનસમાં આ જાતની વિદ્યુતજ્યોત અથવા કાર્બન (કોલસાની) જ્યોતનો ખૂબ ઉપયોગ થતો હતો.

આ જ્યોત પ્રકાશિત બનાવવાનું કારણ હવામાંથી વિદ્યુત પસાર થાય તે છે. હવા સાધારણ રીતે વિદ્યુતરોધક છે, પરંતુ ઘણી ગરમ થાય તો તેમાંથી વધુ વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થઇ શકે છે. વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય એટલે હવા પાછી વિશેષ ગરમ થાય છે અને પ્રકાશ આપે છે. એ કાર્બનના છેડાને જો ઘણે દૂર લઇ જઇએ, તો એ વિદ્યુતપ્રવાહ તૂટી જાય છે; કારણ કે હવામાંથી વધુ દૂર પ્રવાહ પસાર થઇ શકતો નથી.

૧૭. વિજળીનો દીવો Incandescent lamp

આકૃતિ (૨૬૭) માં બતાવ્યા પ્રમાણે કાચનો ગોળો લઇ તેમાંથી હવા કાઢી લઇ શૂન્યાવકાશ બનાવવામાં આવે છે. કેટલાક દીવામાં શૂન્યાવકાશ ન રાખતાં આર્ગન જેવા શિથિલ (inactive) વાયુ ભરવામાં આવે છે. એ દીવાની વચ્ચે એક કાચનો સળિયો રાખેલો હોય છે. એના ઉપર આધાર રાખી ઘણાં ઊંચા ગલનબિંદુ (high melting point) વાળી ધાતુનો પાતળો તાર આગળ બતાવ્યા મુજબ વિંટાળેલો હોય છે. એ તારના બે છેડા A'B' ને ગોળાની ઉપલી બાજુથી બહાર લાવવામાં આવે અને દીવાના મથાળે બે નાની ધાતુની ટીપકીની સાથે જોડવામાં આવે છે. એ દીવાને ઉપરના હોલ્ડર સાથે જોડવામાં આવે છે અને એ હોલ્ડરમાં B માંથી આવતો પ્રવાહ દીવામાં થઇને પાછો A માર્ગે બહાર નીકળે છે. કેટ-

આકૃતિ ૨૬૭



વીજળીનો દીવો.

લાક દીવામાં તારનો એક છેડો ગોળાને મથાળે સ્ક્રૂ જેવું ધાતુનું પતરું લગાવેલું હોય તેની સાથે જોડવામાં આવે છે. વચ્ચેથી બીજો છેડો લાખ કે એવી વિદ્યુતરોધક વસ્તુ વડે પુરીને અલગ (insulate) કરી ઉપર લાવવામાં આવે છે. દીવામાંનો તાર ઊંચા ટેમ્પરેચરે ન પીગળે એવી ધાતુનો બનાવેલો હોય છે. એ ધાતુના તારનો પ્રતિરોધ (resistance) ઘણો હોય છે એટલે તે પુષ્કળ ગરમ થઇને પ્રકાશિત બને છે. હવા શોષી લેવાનું કારણ એજ છે કે આટલી ઉષ્ણતાએ હવામાંનો ઑક્સિજન તારને ધીમે ધીમે બાળીને ક્ષય (oxidise) ન કરી નાંખે. આર્ગન જેવા શિથિલ વાયુને દાખલ કરવાથી પણ તારની જીંદગી લાંબી થાય છે. આ દીવાને અંગ્રેજીમાં પ્રકાશ આપતો દીવો–તેજોદ્દીપક દીવો (incandescent lamp) પણ કહેવામાં આવે છે.

૧૮. વિદ્યુત ચુલા. Electric heaters વિદ્યુત ચુલામાં નાઇક્રોમ નામના ધાતુના વાહક વાપરવામાં આવે છે. એ તાર પુષ્કળ ગરમી આપે છે. એ સિવાય ઇલેકટ્રિક ભઠ્ઠીમાં કાર્બોરેન્ડમ નામની રેતી અને કોલસાના મિશ્રણની એક બનાવટ ઉપયોગમાં લેવાય છે. એ ધાતુમાંથી વિદ્યુત પસાર થાય ત્યારે એનું ટેમ્પરેચર બહુ જ વધે છે અને તેથી ઘણી ખરી ધાતુ પણ પીગળાવી શકાય છે.

૧૯. વિદ્યુત–પૃથક્કરણના નિયમો Laws of electrolysis આગળ કહ્યું તેમ જો કોઇ પણ દ્રાવણમાં બે વિદ્યુતવાહક છેડાને દાખલ કરી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરવામાં આવે તો દ્રાવણમાં રહેલા ક્ષારનું પૃથક્કરણ થઇ શકે છે. દ્રાવણમાં રહેલા ક્ષારના

સંયોજન (compound) માં ધાતુવાળો ભાગ ધન ભાગ હોય છે, એટલે તે પ્રવાહ ચાલુ કરવાથી તે ધન (positive) છેડાથી દૂર જાય છે અને ઋણ (negative) છેડા વડે આકર્ષાય છે. એજ પ્રમાણે સંયોજનનો બીજો ભાગ ઋણ હોવાથી ધન છેડા વડે આકર્ષાય છે.

વિદ્યુત–પૃથક્કરણ નીચેના નિયમો પ્રમાણે થાય છે.

(૧) પૃથક્કરણ થયેલાં દ્રવ્યનું વજન વિદ્યુતપ્રવાહ અને પ્રવાહ મોકલવાના સમયના પ્રમાણમાંજ વધઘટ થાય છે.

(૨) એક જ તત્ત્વના જુદાં જુદાં ક્ષારના દ્રાવણમાંથી એક સરખો વિદ્યુતપ્રવાહ એક સરખા સમય માટે પસાર કરીએ, તો દરેકમાં એક સરખાં વજનનું તત્ત્વ છૂટું પડે છે.

(૩) એક એમ્પિયરનો વિદ્યુતપ્રવાહ એક સેકન્ડ માટે જુદાં જુદાં તત્ત્વોના ક્ષારના દ્રાવણમાંથી પસાર કરીએ તો દરેક તત્ત્વોનાં જુદાં જુદાં વજન છૂટાં પડે છે. એ વજનને તે તત્ત્વનો વિદ્યુત–રસાયણ ભારાંક (electro-chemical equivalent) કહેવામાં આવે છે.

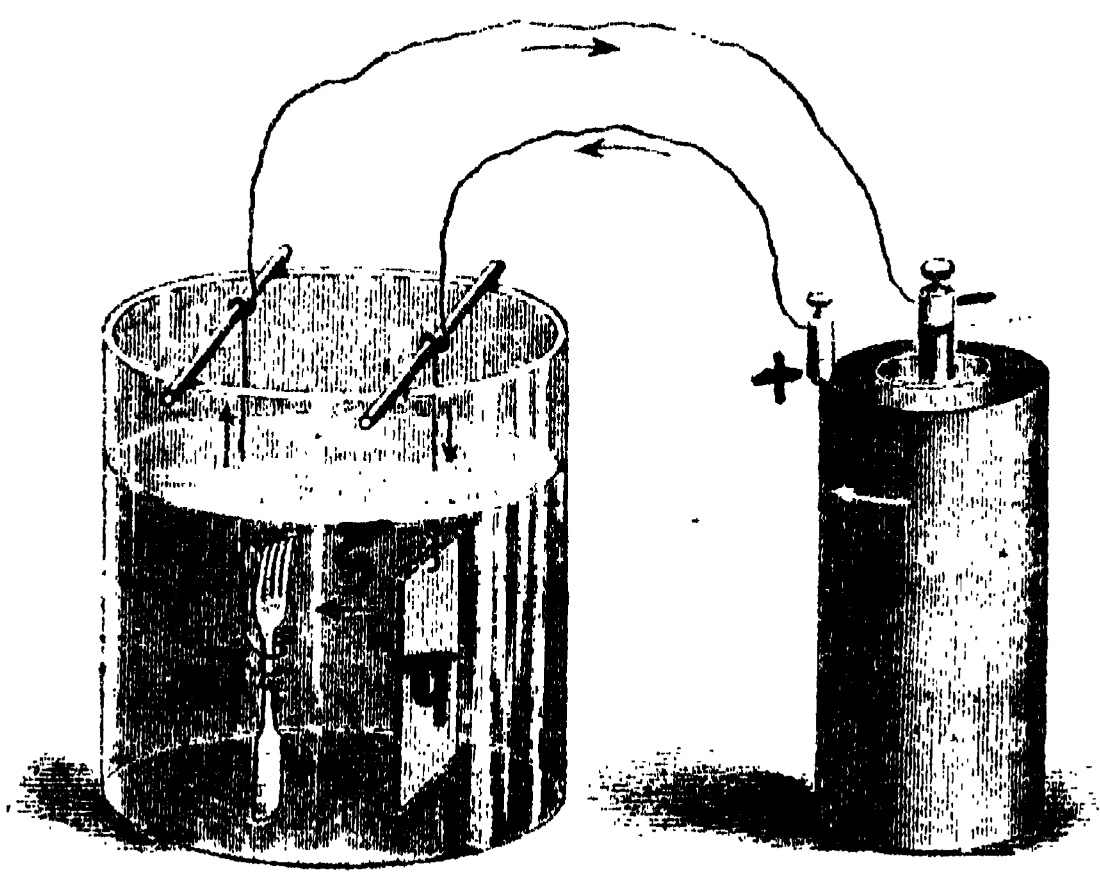
વિદ્યુતપ્રવાહ વધુ હોય તો પૃથક્કરણ થયેલાં તત્ત્વનું વજન વધુ થાય છે. જો વધુ સમય સુધી પ્રવાહ પસાર કરીએ તો વધુ તત્ત્વ પૃથક્કરણ થાય છે. દરેક વસ્તુ માટે આ વજન નિયત કરેલું છે, એટલે એક તત્ત્વનો વિદ્યુત–રસાયણ ભારાંક જાણતા હોઇએ તો અમુક વિદ્યુતપ્રવાહ અમુક સમય માટે પસાર કરવાથી કેટલું તત્ત્વ છૂટું પડે એ નીચેના સમીકરણ (equation) થી જાણી શકાય છે.

$$\begin{matrix}\text{પૃથક્કરણ થયેલાં} \\ \text{તત્ત્વનું વજન} \\ \text{(ગ્રામમાં)}\end{matrix} = \left(\begin{matrix}\text{તત્ત્વનો વિદ્યુત–} \\ \text{રસાયણભારાંક}\end{matrix}\right) \times \left(\begin{matrix}\text{વિદ્યુતપ્રવાહ} \\ \text{એમ્પિયરમાં}\end{matrix}\right) \times \left(\begin{matrix}\text{સમય} \\ \text{સેકન્ડમાં}\end{matrix}\right)$$

૨૦ વિદ્યુતઢોળ
Electroplating

વિદ્યુત પૃથક્કરણ (electrolysis) નો ઉપયોગ હલકી ધાતુના વાસણ ઉપર સરખી રીતે કિંમતી ધાતુનો ઢોળ આપવામાં થાય છે. ધારો કે પિત્તળના ચમચા ઉપર રૂપાનો ઢોળ આપવો છે. ધાતુના એક તાર વડે આકૃતિ (૨૬૮) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એ ચમચા ચ ને લટકાવો, એ વાસણમાં રૂપાના ક્ષારનું દ્રાવણ (જેવું કે સિલ્વર નાઇટ્રેટ) નાંખો. બીજા એક તારનો છેડો એક ચાંદીની તકતીને (પ) જોડો. તકતીને ચમચાથી દૂર રહે તેમ એ દ્રાવણ (દ) માં ડુબાવો. તારના છેડાને એક વધુ વિદ્યુત દબાણવાળા એક વિદ્યુત કોષની સાથે જોડો. ચમચા સાથે જોડેલો તાર ઋણ (−) છેડા અને ધન (+) છેડો ચાંદીની તકતીની સાથે જોડવામાં આવે છે. ચાંદીની તકતીમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ દ્રાવણમાં દાખલ થાય અને ચમચાવાળા છેડામાંથી પ્રવાહ બહાર આવે છે. આથી સિલ્વર નાઇટ્રેટનું વિભાજન થઇને રૂપાના અણુ (સિલ્વર) ઋણ છેડા

આકૃતિ ૨૬૮.



તરફ આકર્ષાઇ જાય છે અને ચમચા ઉપર રૂપાના અસંખ્ય અણુ આવીને વળગી જાય છે. એ રીતે ચઢાવેલો ઢોળ દરેક સ્થળે એક સરખી રીતે ચઢે છે અને ચમચાની ધાતુની સાથે બરાબર જડાઇ જાય છે. એજ પ્રમાણે સોનાનો ઢોળ આપવો હોય તો સોનાના ક્ષારનું દ્રાવણ લઇને જે વસ્તુ ઉપર ઢોળ ચઢાવવો હોય તેને ઋણ (negative) છેડા સાથે જોડવામાં આવે છે અને ધન છેડો સોનાનો રાખી દ્રાવણમાં ડુબાડી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરવામાં આવે છે. વસ્તુના ઉપર એક સરખો અને નહી ઉપડી જાય તેવો ઢોળ ચઢાવવો હોય તો વસ્તુને બહુજ કાળજી પૂર્વક પૉલીસ કરી સાફ કરવામાં આવે છે.

સાર

૧. ગંધકના મંદ તેજાબના દ્રાવણમાં એક તાંબાની અને બીજી જસતની તકતી મૂકી તેને બહારથી એક તાર વડે જોડો તો તેમાંથી વિદ્યુત-પ્રવાહ પસાર થાય છે. સ્થિત વિદ્યુત ગતિમાં આવે તેને વિદ્યુત પ્રવાહ કહેવામાં આવે છે. તાંબાની ધાતુ ઉપર રસાયણિક ક્રિયા વડે ધનભાર પેદા થાય છે અને જસતના છેડા ઉપર ઋણ ભાર પેદા થાય છે અને તેથી પ્રવાહ ભારે વિદ્યુતદબાણવાળા છેડા (ધન છેડા)થી ઋણ છેડા તરફ જાય છે. રસાયણિક ક્રિયાથી બન્ને તકતી ઉપર નવો ભાર ચાલુ પેદા થયા કરે છે. ડેનિયલ કોષ, લેકલાન્શે કોષ, બુન્શેન કોષ, નિદર્વ કોષ અને સંગ્રાહક કોષ વડે આ પ્રમાણે પ્રવાહ મેળવી શકાય છે.

૨. વિદ્યુતપ્રવાહ જે તારમાંથી પસાર થાય છે તે તારની ફરતે ચુંબક બળ પેદા થાય છે અને તેથી તારની નજીક એક લોહચુંબક સોયને લઇ જઇએ તો તેનું કોણાવર્તન થાય છે. જમણા હાથ વડે તારને પકડીએ અને જો અંગુઠો પ્રવાહની દિશા બતાવે તો આંગળાં ચુંબકબળની દિશા દર્શાવે છે.

૩. લોહચુંબકની સોય વિદ્યુત પ્રવાહ પસાર થાય તે તારથી કોણાવર્તન થાય છે, તે ઘટનાનો ઉપયોગ પ્રવાહદર્શક બનાવવામાં થાય છે. પ્રવાહદર્શકમાં લોહચુંબકની ફરતે ઉત્તર દક્ષિણ રહે તેવું તારનું ગુંછળું રાખેલું હોય છે. એ ગુંછળાંમાંથી વિદ્યુત પ્રવાહ પસાર થાય તો ચુંબક સોય પૂર્વ તરફ અથવા પશ્ચિમ તરફ વળે છે. પ્રવાહ મોટા હોય તો વર્તન (deflection) પણ મોટું થાય. એજ પ્રકારના સારાં સાધનને ગૅલ્વેનોમિટર કહેવામાં આવે છે. ગૅલ્વેનોમિટરના તારના ગુંછળાની મધ્યે એક ગોળ ખૂણા દર્શાવતું ચક્ર હોય છે અને તેના ઉપર ચુંબક સોય લટકાવવામાં આવે છે. ઍમિટર પણ વિદ્યુત પ્રવાહનું ઍમ્પિયરમાં માપ કાઢે છે. એની અંદર લોહચુંબકના ધ્રુવની વચ્ચે એક તારનું ગુંછળું રાખેલું હોય છે. એ ગુંછળાંમાંથી પ્રવાહ પસાર થાય એટલે તે ગુંછળું કોણાવર્ત થાય છે અને એક દર્શક વડે પ્રવાહનું માપ ઍમ્પિયરમાં નિકળે છે. વોલ્ટમિટરની રચના ઍમ્પિયરના જેવીજ છે, પરંતુ એનો પ્રતિરોધ ઘણો હોવાથી એમાંથી બહુ સૂક્ષ્મ પ્રવાહ પસાર થાય છે. વોલ્ટમિટર વડે વિદ્યુત દબાણ વોલ્ટમાં માપવામાં આવે છે.

૪. દરેક વાહક પ્રવાહને વત્તોઓછો અવરોધ આપે છે. એને પ્રતિરોધ (resistance) કહેવામાં આવે છે. વિદ્યુતદબાણ = વિદ્યુતપ્રવાહ × પ્રતિરોધ. વસ્તુનો પ્રતિરોધ લંબાઇની પ્રમાણસર હોય છે, અને તારની જાડાઇથી ઉલટા પ્રમાણમાં હોય છે.

૫. વિદ્યુતની મુખ્ય અસરો નીચે મુજબ છે. (૧) ચુંબક અસર; પ્રવાહની સાથે હંમેશાં ચુંબક બળ ઉત્પન્ન થાય છે; (૨) વાહકમાં પ્રવાહ પસાર થવાથી તેમાં ઉષ્ણતા પેદા થાય છે; (૩) દ્રાવણમાંથી પ્રવાહ પસાર કરવાથી તેમાંના સંયોજનનું વિદ્યુત પૃથક્કરણ થાય છે; અને (૪) જીવંત વસ્તુ અથવા પ્રાણીના અંગમાંથી પ્રવાહ પસાર કરવાથી આંચકો લાગે છે, અને ઘણીવાર મૃત્યુ પણ નીપજે છે.

૬. વિદ્યુત વડે પેદા થયેલી

$$\text{ઉષ્ણતા} = \frac{(\text{વિદ્યુત પ્રવાહ})^2 \times (\text{પ્રતિરોધ}) \times (\text{સમય})}{\text{જૂલનો આંકડો}}$$

∴ એટલે

કૅલૉરીમાં ઉષ્ણતા = ૦.૨૪ × (વૉલ્ટેજ) × (ઍમ્પિયર) × (સેકન્ડ).

૭. કાર્બન સળિયાને જોડીને પ્રવાહ પસાર કરી છૂટા પાડવામાં આવે તો તે બેની વચ્ચે પ્રકાશિત વિદ્યુત જ્યોત પેદા થાય છે. વિદ્યુત દીવામાંથી હવા કાઢી લઇ ઘણા ટેમ્પરેચરે ન પીગળે તેવી ધાતુનો ઝટ ગરમ થાય તેવો તાર રાખવામાં આવે છે. એમાંથી પ્રવાહ પસાર થવાથી તે તેજમય બની પ્રકાશ આપે છે. વિદ્યુત ચૂલા અને અસ્રી વગેરેના કાર્યનો આધાર પ્રવાહ વડે ઉત્પન્ન થતી ઉષ્ણતા ઉપર રહે છે.

૮. વિદ્યુત પૃથક્કરણ થવાથી છૂટાં પડેલાં દ્રવ્યનું ગ્રામમાં વજન

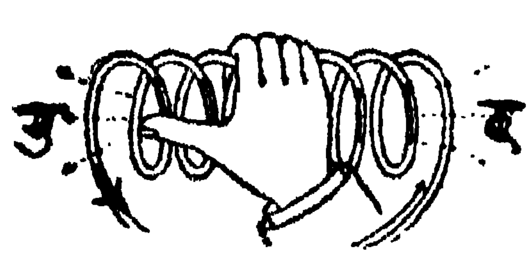
$$= \left(\begin{matrix}\text{વિદ્યુત–રસાયણિક}\\ \text{ભારાંક}\end{matrix}\right) \times \left(\begin{matrix}\text{વિદ્યુત પ્રવાહ}\\ \text{ઍમ્પિયરમાં}\end{matrix}\right) \times \left(\begin{matrix}\text{સમય}\\ \text{સેકન્ડમાં}\end{matrix}\right)$$

જે વસ્તુ ઉપર ઢોળ ચઢાવવો હોય તેને ઋણ છેડા સાથે જોડીને તે તત્ત્વના દ્રાવણમાં રાખવામાં આવે છે. અને બીજો છેડો ઢોળ ચઢાવવા માટે વપરાતાં દ્રવ્યની તકતી સાથે પડેલો હોય છે.

વિદ્યુત ચુંબકત્વ (Electro-magnetism)

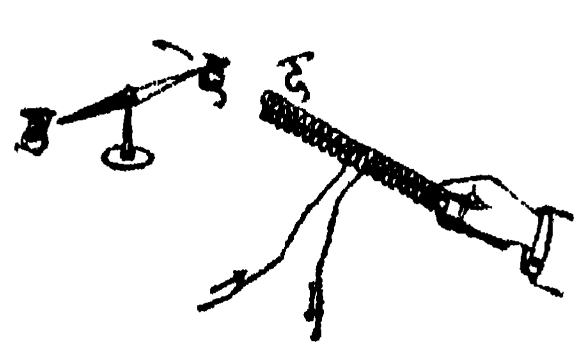
૧. વિદ્યુતચુંબકના ધ્રુવ Poles of an electro-magnet

આકૃતિ ૨૬૯



આકૃતિ (૨૬૯) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક તારનું નળાકાર ગુંછળું (coil) લઈએ અને તેમાંથી વિદ્યુત-પ્રવાહ પસાર કરીએ તો એ તારની ફરતે ચુંબકરેષાઓ ઉત્પન્ન થાય છે અને એ આખા ગુંછળામાંથી ધરીની દિશામાં પસાર થાય છે. એટલે એ ગુંછળું એક વિદ્યુતચુંબક તરીકે કાર્ય કરે છે. જમણા હાથ વડે એ ગુંછળાંને આકૃતિમાં બતાવ્યા પ્રમાણે પકડીએ અને જો આંગળાં વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા બતાવે તો અંગુઠો ઉત્તર ધ્રુવની દિશા બતાવે છે.

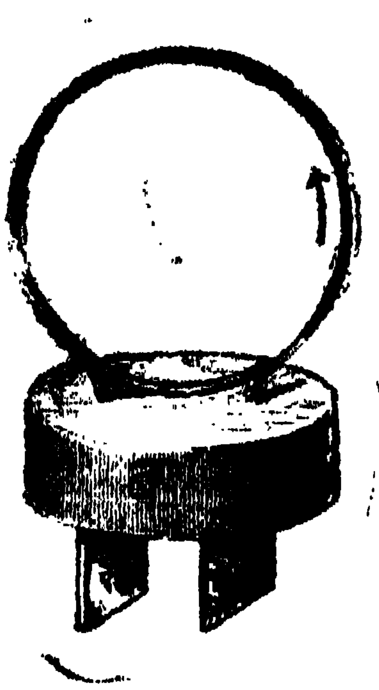
આકૃતિ ૨૭૦



પ્રયોગ (૧):–આકૃતિ (૨૭૦) માં બતાવ્યા પ્રમાણે નળાકાર ગુંછળામાં વિદ્યુત-પ્રવાહ પસાર કરો. તેને એક લોહચુંબક સોયની નજીક લઇ જાઓ. તેના વડે થતાં આકર્ષણ અને અપાકર્ષણ જોઇ ગુંછળાંના ધ્રુવની દિશાની ખાતરી કરો.

(૨):–આકૃતિ (૨૭૧) માં બતાવ્યા પ્રમાણે બન્ને બૂચના ટુકડા ઉપર એક વર્તુલાકાર તાર ગોઠવી એ તારના બન્ને છેડાને બૂચમાંથી પસાર કરી નીચે તાંબાની નાની પ્લેટ સાથે જડો અને બીજાને જસતની પ્લેટ સાથે જડો. સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના દ્રાવણમાં એ બૂચને તરતો મૂકો. રસાયણિક ક્રિયાથી વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન થઇ એ તારના વર્તુલમાંથી

આકૃતિ ૨૭૧



પસાર થાય છે તેની ખાતરી કરો. એ તારના વર્તુલની ફરતે ચુંબકત્વ ઉત્પન્ન થાય છે અને તેથી ચુંબકરેષા એક બાજુ દાખલ થઇ બીજી બાજુ બહાર આવે છે. જમણા હાથ વડે અંગુઠાને પ્રવાહની દિશામાં રાખી તારને પકડો અને આંગળી વડે ચુંબકરેષા કયી દિશામાં પસાર થાય છે તેની ખાતરી કરો. વર્તુલની કયી બાજુ દક્ષિણ ધ્રુવ તરીકે વર્તે છે?

વર્તુલની ઉત્તર અને દક્ષિણ ધ્રુવવાળી બાજુની ખાતરી કરવા એની પાસે એક ગજિયા લોહચુંબકનો એક છેડો લઇ જાઓ.

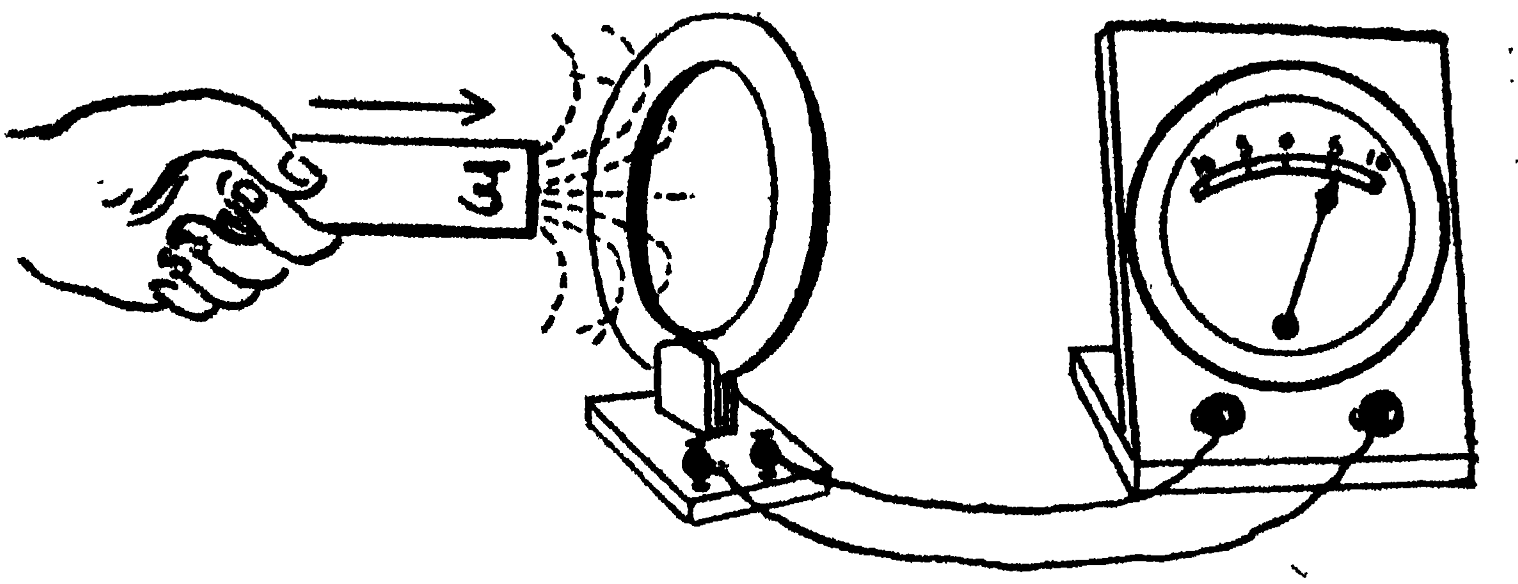
ઉપરના બે પ્રયોગ ઉપરથી ખાતરી થાય છે કે જે તારના ગુંછળાંમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે, તે લોહચુંબકની પેઠે વર્તે છે. પ્રયોગ (૨) માં વર્તુલ એક લોહચુંબકની થાળી હોય એમ વર્તે છે. એની એક બાજુ ઉત્તરધ્રુવ બને છે જ્યારે બીજી બાજુ દક્ષિણ ધ્રુવ તરીકે વર્તે છે.

૨. વિદ્યુપ્રતવાહનું ઉપપાદન
Induced current

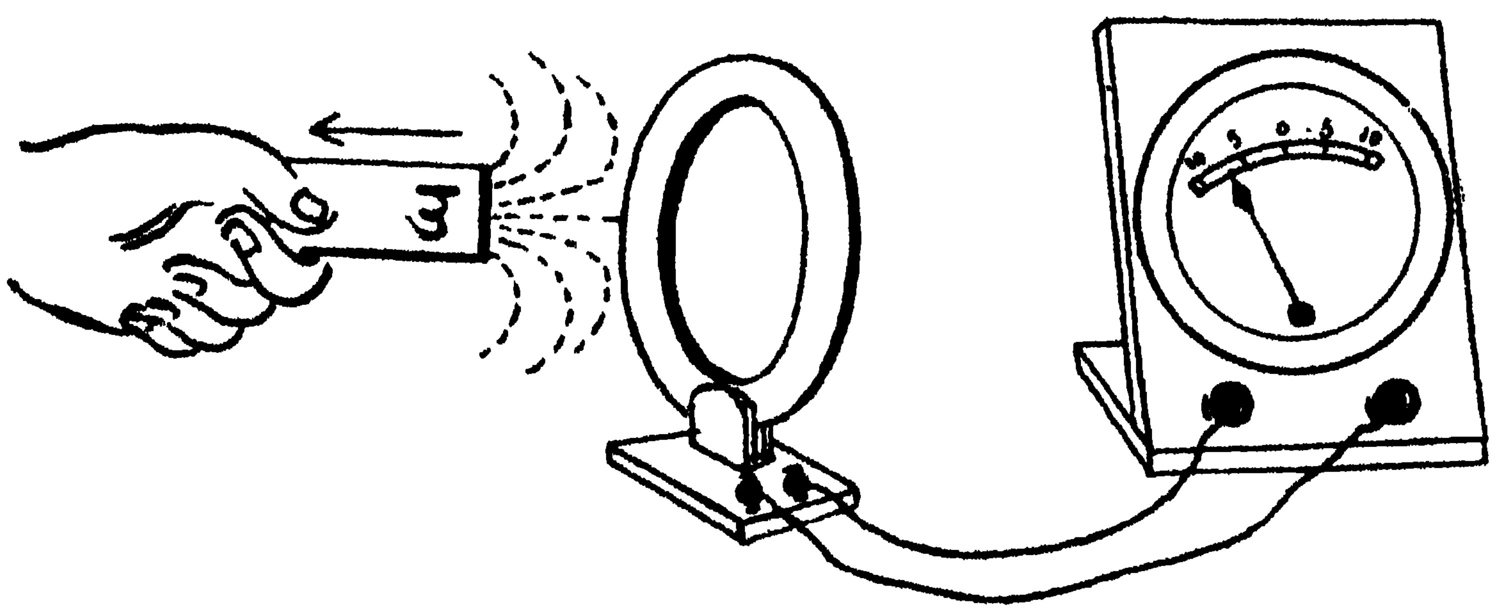
પ્રયોગ (૧) આકૃતિ (૨૭૨) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક ગૅલ્વેનોમીટરને એક તારના ગુંછળાં સાથે જોડો. હવે એ ગુંછળાની અંદર આકૃતિ (૨૭૨, अ) માં બતાવ્યા મુજબ એક લોહચુંબકનો ઉત્તર ધ્રુવ ઝડપથી લાવો. એ દરમિયાન ગૅલ્વેનોમિટરની સોય વિદ્યુતપ્રવાહ દર્શાવે છે. લોહચુંબકને ગુંછળાની અંદર સ્થિર રાખો. ગૅલ્વેનોમિટરની સોય વિદ્યત-પ્રવાહ દર્શાવતી નથી.

હવે આકૃતિ (૨૭૨,ब) માં બતાવ્યા મુજબ એજ લોહચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવને ગુંછળાંમાંથી ઝડપથી બહાર કાઢી દૂર લઇ જાઓ. ગૅલ્વેનોમિટરની સોય ક્ષણિક વિદ્યુતપ્રવાહ દર્શાવે છે, પરંતુ એ પ્રવાહ ઉલટી દિશાનો છે.

આકૃતિ ૨૭૨ (अ)

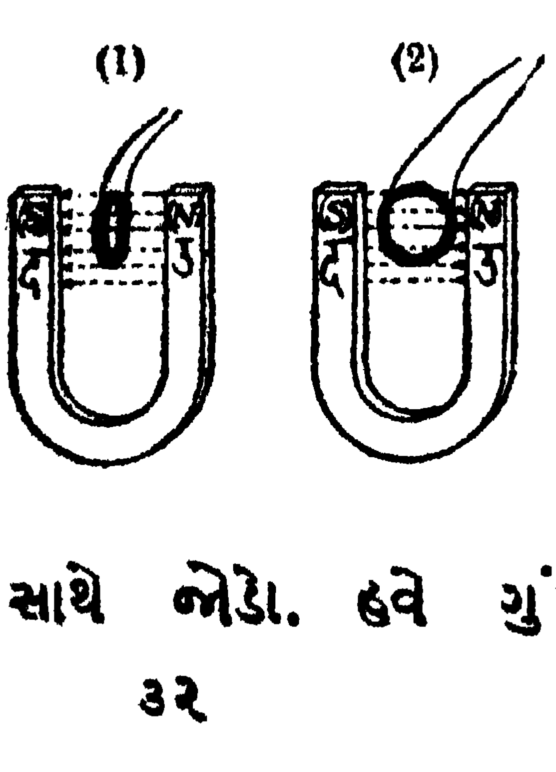


(ब)



એજ પ્રમાણે લોહચુંબકના દક્ષિણ ધ્રુવને તારના ગુંછળાની એકાએક નજીક લાવી અને એકાએક દૂર લઇ જઇ ફરીથી ગૅલ્વેનોમિટર વડે વિદ્યુત-પ્રવાહ કેટલીવાર સુધી ઉત્પન્ન થાય છે તેની તથા તે કયી દિશામાં ઉત્પન્ન થાય છે તેની ખાતરી કરો.

આકૃતિ ૨૭૩

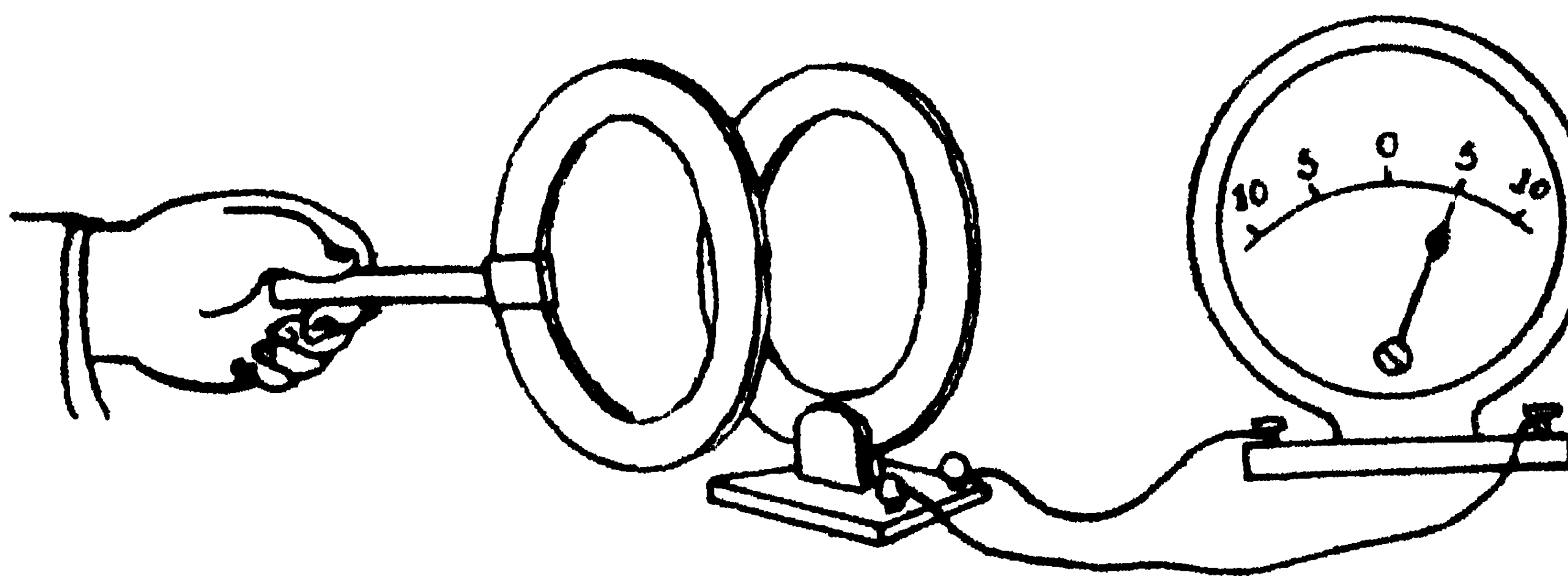


લોહચુંબકને ગુંછળાંમાં વત્તીઓછી ઝડપે લઇ જાઓ અને ગૅલ્વેનોમિટરમાં પ્રવાહની વધઘટ કેટલી થાય તે નોંધો.

(૨):–આકૃતિ (૨૭૩)માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક ઘોડાનાળ (horse shoe) લોહચુંબકની વચ્ચે એક વિદ્યુત તારનું ગુંછળું લટકાવો. એ ગુંછળાંના બન્ને છેડાને એક ગૅલ્વેનોમિટર સાથે જોડો. હવે ગુંછળાંને ઝડપથી એક દિશામાં કાટખૂણે ફેરવો.

ગૅલ્વેનોમિટરમાંથી કયી દિશામાં વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે તે નક્કી કરો. ગુંછળાને ઊલટી દિશામાં કાટખૂણે ફેરવો અને વિદ્યુતપ્રવાહની દિશા નક્કી કરો. આકૃતિ ૨૭૩'૨' માં બતાવેલી સ્થિતિથી ગુંછળાંને ફરી બન્ને દિશામાં કાટખૂણે ફેરવો અને ફરીથી વિદ્યુતપ્રવાહની દિશાની ખાતરી કરો.

આકૃતિ ૨૭૪



(૩) આકૃતિ (૨૭૪) માં બતાવ્યા પ્રમાણે બે તારના ગુંછળાં લો. હાથમાંના ગુંછળાના બે છેડાને એક વિદ્યુતકોષ સાથે જોડો અને વચ્ચે એક ચાંપ (switch) રાખો. બીજાં ગુંછળાંના બે છેડાને એક ગૅલ્વેનોમિટર સાથે જોડો. બન્ને ગુંછળાંને એકબીજાની નજીક રાખો. હવે એકાએક ચાંપ દબાવી હાથમાંના ગુંછળાંમાં વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન કરો. ગૅલ્વેનોમિટરમાં ક્ષણિક પ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે. એ પ્રવાહ કયી દિશામાં અને કેટલી વાર ચાલુ રહે છે તેની નોંધ કરો. હવે હાથમાંના ગુંછળાંમાંનો વિદ્યુતપ્રવાહ એકાએક બંધ કરો. વળી પાછો ગૅલ્વેનોમિટરમાં કેટલીવાર અને કયી દિશામાં પ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે તેની નોંધ કરો.

ઉપરના પ્રયોગ (૧) માંથી ખાતરી થાય છે એક તારના ગુંછળાંમાં એકાએક લોહચુંબક દાખલ કરવામાં આવે અથવા અંદરથી એકાએક દૂર કરવામાં આવે ત્યારે ક્ષણિક વિદ્યુતપ્રવાહ

ઉત્પન્ન થાય છે. આ પ્રવાહને ઉપપાદિત પ્રવાહ (induced current) કહેવામાં આવે છે.

આ પ્રવાહની ખાસિયત (pecularity) એ છે કે જ્યાં સુધી લેાહચુંબક નજીક આવે છે અથવા દૂર જાય છે, ત્યાં સુધીજ વિદ્યુત પ્રવાહ ચાલુ રહે છે. જેવેા લેાહચુંબક ખસતેા બંધ થાય કે તુરત વિદ્યુત પ્રવાહ અટકી જાય છે. આનેા અર્થ એ થાય છે કે જ્યાં સુધી ગુંછળાંમાંથી પસાર થતાં ચુંબકબળમાં ફેરફાર થયા કરે છે, ત્યાં સુધીજ ઉપપાદિત પ્રવાહ ચાલુ રહે છે. જેવેા ચુંબકબળનેા ફેરફાર થતેા અટકી જાય કે તુરતજ વિદ્યુતવાહ પણ બંધ થાય છે. લેાહચુંબકનેા ઉત્તર ધ્રુવ ગુંછળાંની નજીક જાય છે ત્યારે એક દિશામાં વિદ્યુતપ્રવાહ ઉપપાદિત થાય છે અને ઉત્તર ધ્રુવ દૂર જાય છે ત્યારે ઉલટી દિશાનેા વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે. જ્યારે દક્ષિણ ધ્રુવ નજીક લાવીએ અને દૂર લઇ જઇએ ત્યારે આ બન્ને પ્રકારથી ઊલટેા વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે.

લેાહચુંબકને જેમ વધુ ઝડપથી ગુંછળાંમાં દાખલ કરીએ અથવા વધુ ઝડપથી બહાર કાઢીએ તેમ ઉત્પન્ન થતેા ક્ષણિક પ્રવાહ પણ વધુ મેાટેા હેાય છે. આમ ગુંછળાંમાંના ચુંબકબળમાં જે ઝડપે ફેરફાર થાય તે પ્રમાણમાં તેમાં વિદ્યુતપ્રવાહ પેદા થાય છે.

પ્રયેાગ (૨) માં બતાવ્યા પ્રમાણે જો એક તારના ગુંછળા (coil) ને એક લેાહચુંબકના બે ધ્રુવની વચ્ચે ગેાળ ફેરવીએ તેા એ ગુંછળું પહેલી સ્થિતિમાંથી બીજીમાં આવે તે દરમિયાન એક દિશામાં વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે. વળી એ સ્થિતિમાંથી ગુંછળાંને આગળ ફેરવીએ તેા પણ પાછેા ક્ષણિક વિદ્યુતપ્રવાહ

ઉત્પન્ન થાય છે, પરંતુ એ પ્રવાહ ઉલટી દિશામાં પસાર થાય છે. જો આ ગુંછળાંને કોઇ રીતે ચક્રાકાર ફેરવ્યા કરીએ તો તેમાં વિદ્યુતપ્રવાહ ચાલુ ઉપપાદિત થયા કરે છે. અર્ધો ચક્ર માટે એક દિશામાં પ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે અને બાકીનાં ચક્ર માટે ઊલટી દિશામાં પ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે.

પ્રયોગ (૩) માં બતાવ્યા પ્રમાણે જો આપણે તારના બે ગુંછળાં પાસે પાસે રાખી પહેલાં ગુંછળાંમાં એકાએક ચાંપ દાબી વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન કરીએ, તો બીજાં ગુંછળાંમાં ક્ષણિક વિદ્યુત ઉપપાદન થશે. વળી વિદ્યુતપ્રવાહ બંધ કરશો એટલે ફરીથી વિદ્યુતપ્રવાહ ઉપપાદીત થશે; પરંતુ પહેલી વખતથી ઉલટી દિશામાં હશે. આનું કારણ પણ ચુંબકપણાનો ફેરફાર જ છે. પહેલાં ગુંછળાંમાં વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન કરવાથી ચુંબકબળ ઉત્પન્ન થાય છે અને તેથી એ બળની ચુંબકરેષા બીજા ગુંછળાંમાંથી પસાર થવાથી તેમાં વિદ્યુતપ્રવાહ ઉપપાદિત થાય છે.

જ્યારે પ્રયોગ (૧) માં લોહચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવને ગુંછળાંની નજીક લઇ જવામાં આવે, ત્યારે ગુંછળાંમાં પેદા થતી ઉપપાદિત વિદ્યુત વડે ગુંછળાંની સામી બાજુ પણ ઉત્તર ધ્રુવ જેવી બને છે; અને લોહચુંબકને અપાકર્ષણ કરવાનો પ્રયત્ન કરે છે. પરંતુ જ્યારે એજ લોહચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવને ગુંછળાંમાંથી દૂર કરવામાં આવે, ત્યારે ગુંછળાંની સામેની બાજુ દક્ષિણ ધ્રુવ જેવી બને છે અને તેથી તે બહાર જતાં ધ્રુવને આકર્ષવાનો પ્રયત્ન કરે છે. આથી એમ સમજાય છે કે ગુંછળામાં પેદા થતો પ્રવાહ દરેક ફેરફારની વિરૂદ્ધ થાય તેવી દિશામાં પેદા થાય છે.

(૧) જો એક બંધ ગુંછળાંમાં (coil) એકાએક ચુંબકબળ વધારવામાં આવે અથવા એકાએક ઓછું કરવામાં આવે, તેા તેથી ગુંછળાંમાં ક્ષણિક વિદ્યુતપ્રવાહ ઉપપાદિત થાય છે.

(૨) ગુંછળાંમાં ચુંબકબળના ફેરફાર જે ઝડપે થાય છે, તે પ્રમાણમાં ગુંછળાંમાં વિદ્યુતચાલકબળ પેદા થાય છે અને તેથી તે પ્રમાણમાં ગુંછળાંમાંથી પ્રવાહ પસાર થાય છે.

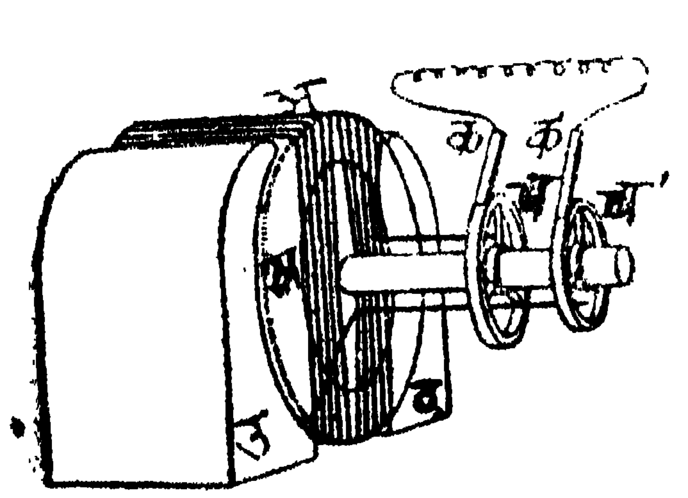
(૩) ગુંછળાંની અંદર ઉપપાદિત થતેા પ્રવાહ એવી દિશામાં ઉત્પન્ન થાય છે કે જેથી તે ગુંછળાંની અંદર ફેરફાર થતાં ચુંબકબળને અટકાવવાનેા પ્રયત્ન કરે છે.

ઉપર દર્શાવેલી વિદ્યુત ઉપપાદન કરવાની રીતની શેાધ ફૅરેડે નામના મહાન શેાધકે કરી હુતી હતી. એ શેાધને લીધે આજે દુનિયામાં યાંત્રિકબળમાં મહાન વિપ્લવ થયેા છે. ઈલેક્ટ્રીક ડાઇનેમેા, ઇલેક્ટ્રીક મેાટર, ટાન્સફેાર્મર જેવાં અનેક વિદ્યુતસાધનેા વડે જ દુનિયાના ઘણાખરાં યંત્રેા કાર્ય કરે છે.

૩. ડાઇનેમેા
Dynamo

ઉપર દર્શાવેલા નિયમના આધારે ડાઇનેમેા નામના યંત્ર વડે મેાટા પ્રમાણમાં વિદ્યુત ઉત્પાદન કરી શકાય છે. આકૃતિ (૨૭૪)માં એક ડાઇનેમાનેા નમુનેા બતાવવામાં આવ્યેા છે. એક લેાહચુંબકના બે ધ્રુવની વચ્ચે ફરે તેવા એક ભરતર લેાખંડના નળાકાર (cylinder) ઉપર તાર अ વિંટાળેલેા હેાય છે. તેના બે છેડા નળાકારની ધરી સાથે જોડેલા બે ચક્ર च અને च' સાથે જોડેલા છે. લેાખંડના નળાકાર ઉપર વિંટાળેલા તારને આર્મેચર (armature) કહેવામાં આવે છે. એ આર્મેચર

આકૃતિ ૨૭૫



ડાઇનેમેા

ગોળ ફરવા લાગે એટલે તારના ગુંછળાંમાં ઉપપાદિત વિદ્યુત-પ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે. જેમ જોરથી આર્મેચરને ફેરવીએ, તેમ પ્રવાહનું દબાણુ વધુ થાય છે. દરેક આખું ચક્ર પુરૂં થાય, તેટલાંમાં વિદ્યુતપ્રવાહ અર્ધા ચક્ર માટે એક દિશામાં અને બાકીના માટે ઊલટી દિશામાં પસાર થાય છે. આવી રીતે દિશા બદલતા પ્રવાહને ઊલટસુલટ (alternating current ટૂંકમાં A. C.) પ્રવાહ કહેવામાં આવે છે.

આ સાધનને નાનામોટા પાયા ઉપર વિદ્યુત ઉત્પન્ન કરવાને વાપરવામાં આવે છે. આર્મેચરને એકાદ તેલયંત્ર કે પેટ્રોલ-યંત્ર વડે ગોળ ફેરવવામાં આવે છે, એટલે યાંત્રિક શક્તિ (mechanical energy) નું વિદ્યુતશક્તિમાં રૂપાન્તર કરવામાં આવે છે. કેટલીકવાર કોમ્યુટેટર (commutator) નામનું સાધન વાપરી એ ઊલટસુલટ (alternating) પ્રવાહને એકમાર્ગી (direct current ટૂંકમાં D. C.) બનાવવામાં આવે છે.

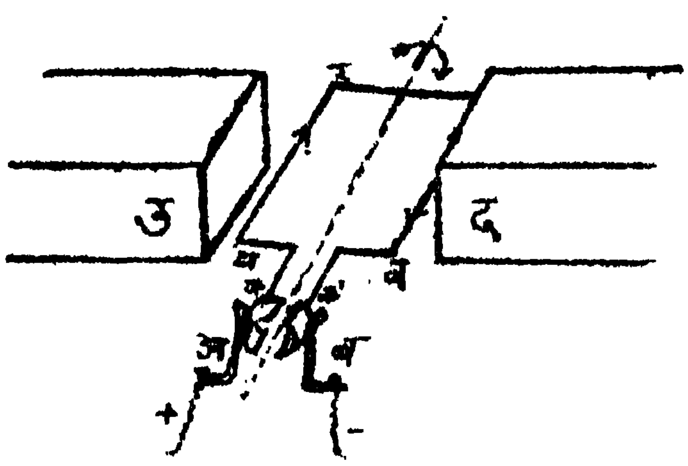
૪. વિદ્યુતમોટર
Electric motor

વિદ્યુતમોટર એટલે વિદ્યુતપ્રવાહ મોકલી ચક્રગતિ ઉત્પન્ન કરવાનું સાધન. એ મોટર વડે જ ટ્રામ, આગગાડી, વિદ્યુત વડે ચાલતાં યંત્રના પૈડાં, પંખા વગેરે અનેક સાધનોમાં ચક્રગતિ ઉત્પન્ન કરી શકાય છે.

ડાઇનેમામાં યાંત્રિકશક્તિ (mechanical energy) વાપરી વિદ્યુતશક્તિ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. ડાઇનેમાની અને મોટરની રચનામાં કંઈ ખાસ ફેર નથી. ડાઇનેમામાં આર્મેચર યાંત્રિકબળ વડે ફેરવવાથી વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે, જ્યારે મોટરમાં એથી ઉલટું વિદ્યુતપ્રવાહ મોકલી આર્મેચરને ગોળ ફેરવી યાંત્રિકશક્તિ મેળવી શકાય છે.

આકૃતિ (૨૭૬) માં મોટરનો સિદ્ધાન્ત સમજાવતી એક રચના બતાવી છે. એક લોહચુંબકના ધ્રુવની વચ્ચે તૂટક લીટીની

આકૃતિ ૨૭૬



વિદ્યુતમોટર

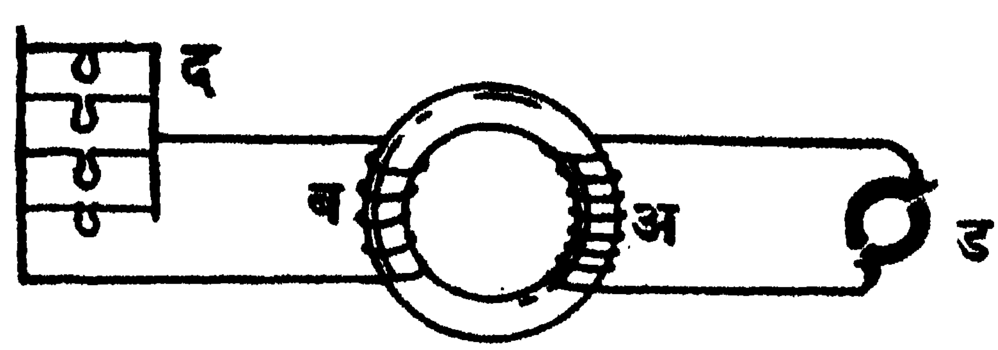
ધરી ઉપર ગોળ ફરે તેવો આર્મેચર રાખવામાં આવે છે. સરળતા ખાતર આખા આર્મેચરને ન બતાવતાં માત્ર એક તારનું ગુંછળું (coil) અ બ ક ડ બતાવેલું છે. એ તારના બે છેડાને ક ને ક' થી બતાવેલા અર્ધગોળ સાથે જોડેલા છે. એ અર્ધગોળ પણ આર્મેચરની સાથે ચક્રાકાર ફરે છે. એને અડીને બે વિદ્યુત છેડા અ ને બ રાખેલા છે. જ્યારે એ છેડા મારફતે વિદ્યુતપ્રવાહ ગુંછળાંમાં મોકલવામાં આવે છે, ત્યારે ગુંછળાંમાં ચુંબકબળ ઉત્પન્ન થાય છે અને આથી ગુંછળાંની એક બાજુ ઉત્તરધ્રુવ બને છે અને બીજી દક્ષિણ ધ્રુવ બને છે. આથી ગુંછળાની ઉત્તર બાજુ લોહચુંબકના દક્ષિણ ધ્રુવ તરફ અને ગુંછળાંની દક્ષિણ બાજુ લોહચુંબકના ઉત્તરધ્રુવ તરફ આકર્ષાઇ જાય છે. હવે એ દરમિયાન ક ને ક' આગળ આવેલા અર્ધગોળાના જોડાણ ઉલટાં થાય છે. પ્રથમ જે છેડામાંથી વિદ્યુત દાખલ થતી તેમાંથી હવે વિદ્યુત બહાર આવે છે, એટલે તારના ગુંછળાંની બન્ને બાજુના ચુંબક ધ્રુવો ઊલટા થઇ જાય છે; એટલે કે લોહચુંબકના ઉત્તર ધ્રુવની નજીકની બાજુ ઉત્તર ધ્રુવવાળી બાજુ થઇ જાય છે. એ બન્નેની વચ્ચે હવે અપાકર્ષણ થાય છે; એટલે તારનું ગુંછળું વળી ચક્રમાં ફરે છે. આમ આપોઆપ વિદ્યુતપ્રવાહ ઊલટસુલટ થવાથી આ તારનું ગુંછળું અથવા આર્મેચર કાયમ ફરતું થઇ જાય

છે. એ આર્મેચરની ધરી સાથે જે યંત્રો ફેરવવાં હોય તેને જોડવામાં આવે છે. વિદ્યુતપ્રવાહના મૂલ્યમાં અને દબાણમાં ફેરફાર કરવાથી ગતિ વત્તીઓછી થઇ શકે છે.

૫ ટ્રાન્સફોર્મર
Transformer

કેટલીકવાર વિદ્યુતદબાણ ઘણું મોટું હોય તો તેમાંથી ઓછાં દબાણવાળો વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન કરવો પડે છે. દાખલા તરીકે શહેરમાં વહેંચવામાં આવતો વિદ્યુતપ્રવાહ ૪૬૦ વોલ્ટથી લાઇનના તારોમાંથી વહે છે; પરંતુ ઘરમાં માત્ર ૨૩૦ વોલ્ટના દબાણથીજ વિદ્યુત આપવામાં આવે છે; એટલે કોઇ રીતે એ દબાણ ઓછું કરવું પડે છે. દબાણ ઓછું

આકૃતિ ૨૭૭

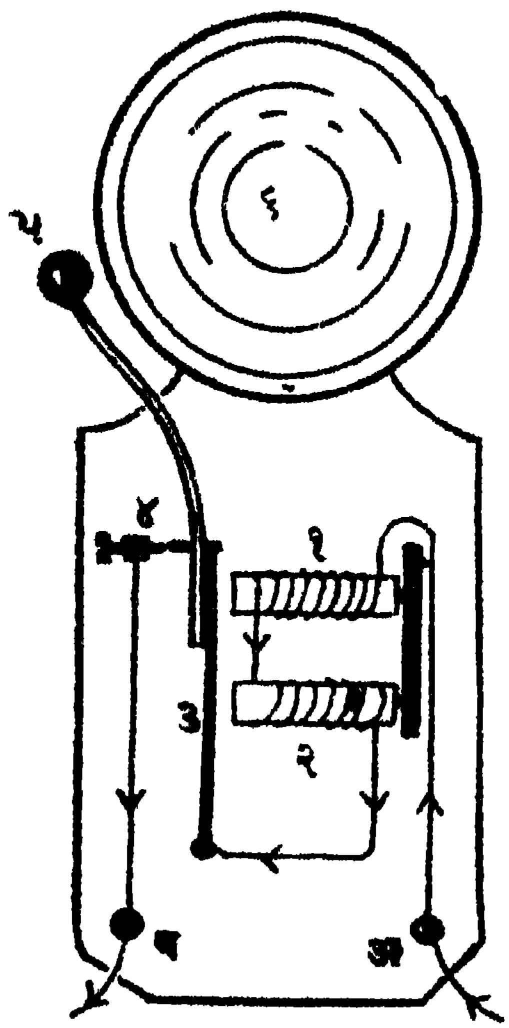


કરવામાં વિદ્યુત ઉપપાદનનો સિદ્ધાન્ત ઉપયોગમાં લેવાય છે. આકૃતિ (૨૭૭)માં એક વિંટીના જેવું લોખંડનું ચક્ર अब બતાવેલું છે. તેની ઉપર अ અને ब આગળ વિદ્યુતતારો વિંટેલા છે. હવે વધારે આમળા (turn) વાળા તાર अ માંથી ડાઇનેમા વડે ૪૬૦ વોલ્ટના દબાણથી ઊલટસુલટ (alternating) વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરવામાં આવે, તો ઓછા આમળાવાળા તાર ब માં પણ ઊલટસુલટ વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન થશે. વિંટી આકારના લોખંડમાંથી એક પ્રવાહ વડે ઉત્પન્ન થયેલી ચુંબકરેષા બીજા તારના આમળાના મધ્યમાંથી પસાર થાય છે, તેથી બીજા તારમાં ઉપપાદિત વિદ્યુતપ્રવાહ ઉત્પન્ન થાય છે. હવે જેમાંથી વિદ્યુતપ્રવાહ દાખલ થાય તે

આમળાની સંખ્યા બીજા કરતાં બમણી હોય, તો બીજામાં ઉપપાદિત વિદ્યુતનું દબાણ પણ અર્ધું થઇ જશે. આ રીતે ૪૬૦ વોલ્ટના દબાણથી અ માં આવતી વિદ્યુતને બ આગળ ૨૩૦ વોલ્ટની કરવામાં આવે છે અને તે વડે અનેક દીવા દ સળગાવવામાં આવે છે. આ સાધનને ટ્રાન્સફોર્મર કહેવામાં આવે છે. જો બ માં અ કરતાં વધુ આમળા હોય તો આ સાધન વડે વિદ્યુત દબાણ પણ વધારી શકાય છે.

૬. વિદ્યુતઘંટડી Electric bell

આકૃતિ ૨૭૮



વિદ્યુતઘંટડી

વિદ્યુતચુંબકનો ઉપયોગ ઘંટડી વગાડવામાં થાય છે. આકૃતિ (૨૭૮)માં એક વિદ્યુતઘંટડી બતાવવામાં આવી છે. એક કોષ અથવા બૅટરીમાંથી તીરથી બતાવેલી દિશામાં વિદ્યુતપ્રવાહ આવે છે અને ઘંટડીના અ છેડામાં દાખલ થાય છે. ત્યાંથી એ પ્રવાહ ઘોડા–નાળ જેવા એક વિદ્યુતચુંબક (૧,૨) (electromagnet) ની ફરતેથી પસાર થાય છે. વિદ્યુતચુબંકના છેડાની સમાન્તર સહેજ અંતરે લોખંડની પટી (૩) રાખેલી છે. એ પટીમાં પ્રવાહ દાખલ થાય છે. એ પટીની સાથે હથોડી (૫) જડેલી છે અને તે પ્રવાહ શરૂ થાય ત્યારે ઘંટડી (૬) ઉપર અથડાય છે. પછી (૩) માંથી વિદ્યુતપ્રવાહ પટીને અડીને રાખેલા એક સ્ક્રૂ (૪) માં દાખલ થાય છે અને ત્યાંથી બ મારફતે પાછો કોષમાં જાય છે, અને આમ વિદ્યુતનો માર્ગ (circuit) પૂર્ણ થાય છે.

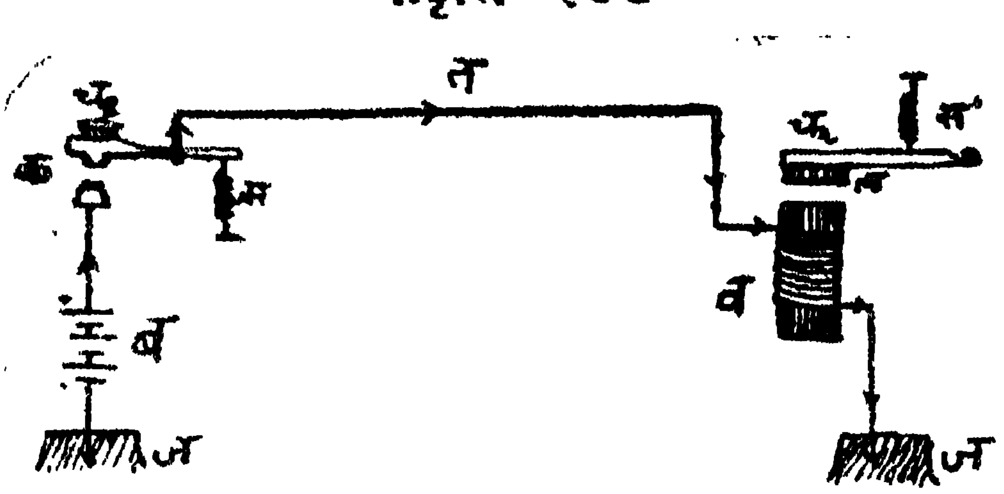
જ્યારે ચાંપ દબાવી વિદ્યુત મોકલવામાં આવે છે, ત્યારે ભરતર લોખંડના સળિયામાં ચુંબકત્વ ઉત્પન્ન થાય છે. આથી એ વિદ્યુતચુંબક (૧, ૨) બાજુમાં રાખેલી પટી (૩) ને આકર્ષે છે. આ આકર્ષણથી હથોડી (૫) ઘંટડી (૬) ઉપર અથડાઇને અવાજ ઉત્પન્ન કરે છે; પરંતુ પટી ચુંબક તરફ આકર્ષવાથી સ્ક્રૂ (૪) આગળનો વિદ્યુત સંબંધ તૂટી જાય છે. વિદ્યુત સંબંધ તૂટયો એટલે વિદ્યુતચુંબકનું ચુંબકત્વ (magnetism) જતું રહે છે, અને લોખંડની પટી સ્થિતિસ્થાપક હોવાથી પોતાના અસલને સ્થળે પાછી આવે છે. જેવી પટી પાછી આવે કે પાછો સ્ક્રૂ (૪) આગળ વિદ્યુત સંબંધ જોડાય છે, અને પાછો પ્રવાહ ચાલુ થાય છે. આમ થવાથી વળી પાછી પટી વિદ્યુતચુંબક વડે આકર્ષાય છે. જ્યાં સુધી ચાંપ દાબેલી રાખીએ, ત્યાં સુધી વિદ્યુત ઘંટડીમાં પ્રવાહની સાંધતૂટ (make and break) થયા કરે છે, અને હથોડી નિયમિત રીતે ઘંટડી ઉપર પ્રહાર કર્યા કરે છે.

આમ ઘણી ઝડપથી ચુંબકબળ ઉત્પન્ન કરી પાછું બંધ કરવા માટે વિદ્યુતચુંબકની મધ્યમાં લોખંડનો ઘોડાનાળ સળિયો રાખવામાં આવ્યો છે. એ ભરતર લોખંડનો (soft iron) જ હોવો જોઇએ. જો લોખંડ અથવા પોલાદ (steel) નો સળિયો વાપરીએ તો તે કામમાં નહિ આવે. એનું કારણ એ છે કે પોલાદની ફરતેથી (અલગ વિદ્યુત તાર વિંટાળી) વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર કરીએ તો તેમાં જોઇએ તેટલું ચુંબકબળ ઉત્પન્ન થતું નથી અને વિદ્યુતપ્રવાહ બંધ થાય ત્યારે તેમાનું બધું ચુંબકત્વ તદ્દન નષ્ટ થતું નથી; પરંતુ એ કાયમનો ચુંબક બની જાય છે. ભરતર લોખંડમાં વધુ ચુંબકત્વ ઉત્પન્ન થાય છે અને પ્રવાહ ચાલુ હોય ત્યાં સુધી જ તે ક્ષણિક લોહચુંબક બને છે.

૭. ટેલિગ્રાફ
Telegraph

આકૃતિ (૨૭૯) માં ટેલિગ્રાફની સાદી રચના બતાવેલી છે. એમાં પણ વિદ્યુતચુંબકનો જ ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. त વડે એક શહેરમાંથી બીજા શહેરમાં જતાં ટેલિગ્રાફના તારના દોરડાં દર્શાવવામાં આવ્યાં છે. ब આગળ ઘણા કોષો (બૅટરી) રાખી એક તેનો છેડો જમીનમાં દાટવામાં આવ્યો છે. બીજો છેડો क આગળ સંધાણુ કરી એક ચાવી $च_1$ સાથે જોડાય એમ રાખેલો છે. એ

આકૃતિ ૨૭૯

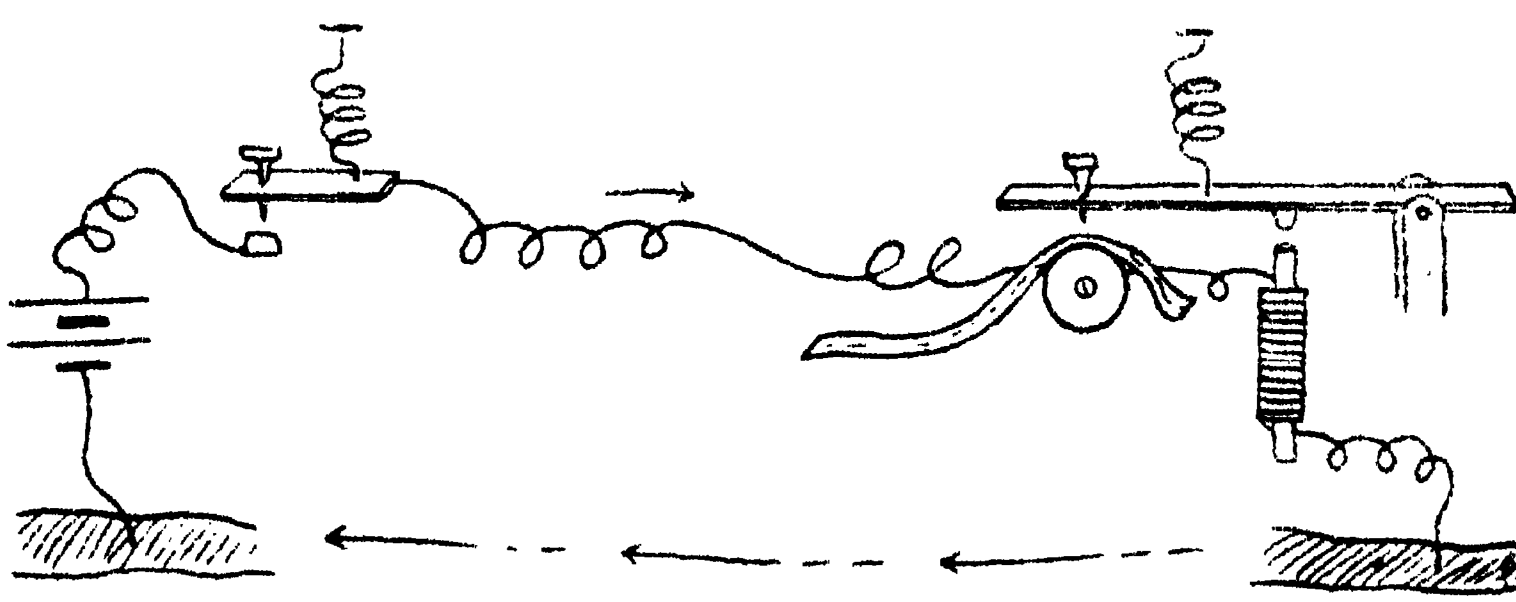


ચાવીને स સ્પ્રિંગ વડે क આગળ વિદ્યુત જોડાણુ કાયમ ન રહે તેટલા માટે ઊંચકી રાખેલી હોય છે. એમાંથી વિદ્યુત-પ્રવાહ त વાટે બીજા શહેરમાં રાખેલા એક વિદ્યુતચુંબક व ની ફરતે પસાર થાય છે, અને ત્યાંથી એ છેડો જમીનમાં ઉતારવામાં આવેલો છે. જે વિદ્યુતપ્રવાહ त માર્ગે મોકલવામાં આવે તે જમીન जज' માર્ગે પાછો કોષો (બૅટરી)માં આવે છે અને એમ વિદ્યુતમાર્ગ (electric circuit) પૂર્ણ થાય છે. જમીન ઘણીજ વિદ્યુતવાહક હોવાથી तના જેવા પાછા આવતા તાર (return wire)ની ગરજ સારે છે. જો જમીનમાંથી પ્રવાહ પસાર ન થતો હોત તો तના જેવો પાછો આવતો બીજો એક લાંબો તાર રાખી વધુ ખર્ચ કરવો પડત. પરંતુ આવી રીતે તારને બન્ને જગ્યાએ જમીનમાં દાટવાથી પાછા આવતા તાર (return wire) તરીકે જમીનનો ઉપયોગ થાય છે.

જ્યારે ચાવી $च_1$ દબાવી વિદ્યુતપ્રવાહ સાંધવામાં આવે છે ત્યારે ब ની ફરતે એ પ્રવાહ પસાર થવાથી એ વિદ્યુતચુંબક બને

છે અને તેથી $ચ_2$ ચાવી (નીચે જોડલી લેાખંડની પટી લ ને લીધે) નીચે આકર્ષાય છે. $ચ_1$ ચાવી જ્યાં સુધી દબાવી રાખીએ ત્યાં સુધી $ચ_2$ નીચે આકર્ષાઇ રહેશે. જેવી $ચ_1$ ને છોડી પ્રવાહ ક આગળ તેાડવામાં આવે તેવી $ચ_2$ ચાવી સ્પ્રિંગ સ' વડે ઊંચે ચાલી જાય છે. આમ લાંબા અથવા ટૂંકા સમય માટે ચાવી $ચ_1$ ને દબાવવાથી ડૅશ (—) અથવા ડૉટ (•) જેવી સંજ્ઞા (sign) વડે સંદેશા મેાકલી શકાય છે.

આકૃતિ ૨૮૦



આકૃતિ (૨૮૦) માં આપેાઆપ ડૉટ (•) અને ડેશ (–) ની સંજ્ઞા એક સરતાં કાગળ ઉપર નેાંધી શકાય તેવી રચના કરવામાં આવેલી છે.કાગળ ઉપર વત્તા- ઓછા સમય માટે અણી બાજુની ચાવી પડે છે અને તેથી તેની શાહીમાં ભીંજવેલી અણી વડે નિશાની થાય છે. વિદ્યુતપ્રવાહનેા માર્ગ તીર વડે બતાવેલેા છે.

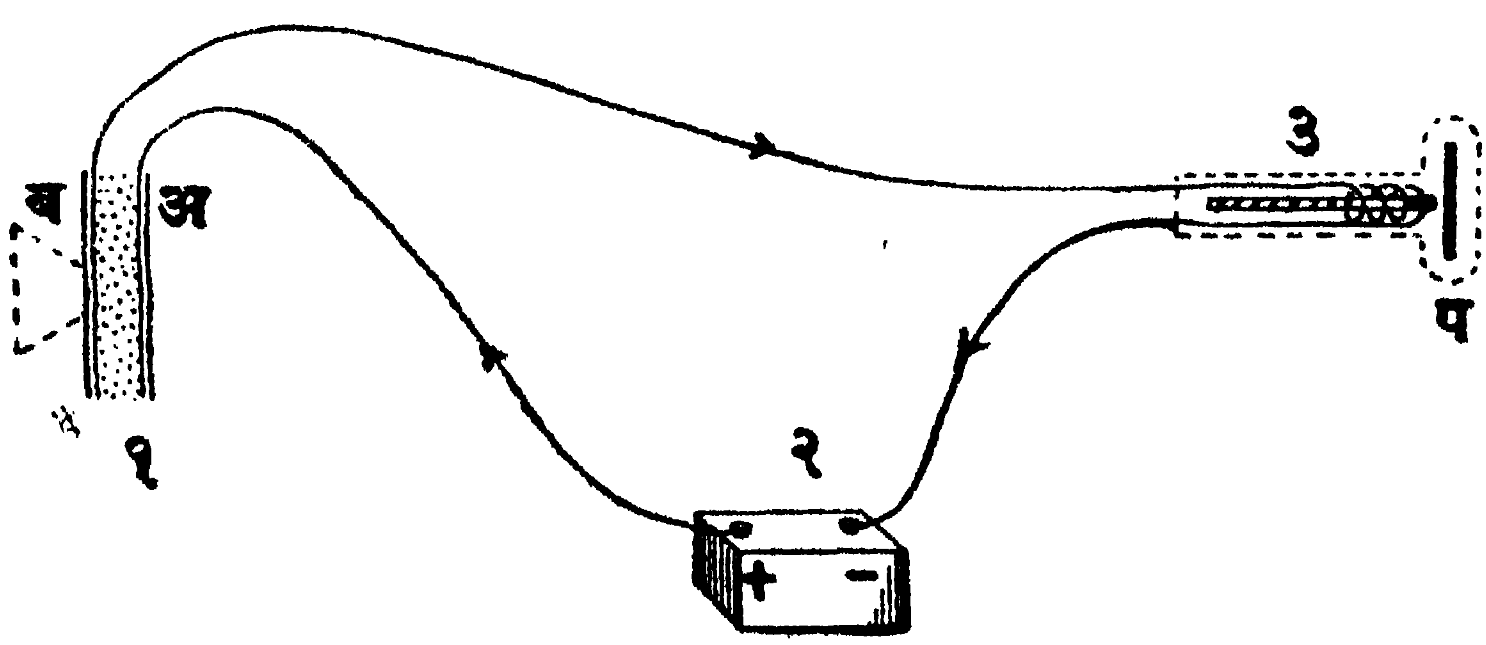
૮. ટેલિફેાન
Telephone

ટેલિફેાનની સાદી રચના આકૃતિ (૨૮૧)માં બતાવી છે. ટેલિફેાનમાં જે ભુંગળાંમાંથી બેાલીએ તે મુખનળી (૧) આગળ બતાવી છે. જે ભુંગળાં વડે સાંભળીએ છીએ તે

કાનનળી (૩) આગળ બતાવી છે. એ બન્નેને જોડતા તારોને (૨) આગળ બતાવેલા વિદ્યુતકોષને જોડવામાં આવે છે.

મુખનળી (૧)માં अ અને ब એ લોખંડની પટી છે. ब આગળના ભુંગળાંમાં બોલવામાં આવે તેથી તેમાં ધ્રુજારી ઉત્પન્ન થાય છે અને ब પટી આગળ પાછળ જઈ अ ની નજીક આવે છે અથવા દૂર જાય છે. अ અને ब ની વચ્ચેનો વિદ્યુતપ્રવાહ ટપકાંથી બતાવેલા કોલસાના બારીક રજકણોમાંથી પસાર થાય છે. જ્યારે अ અને ब પ્લેટની વચ્ચેનું અંતર ઓછું થાય, ત્યારે એ રજકણો

આકૃતિ ૨૮૧



(૧) મુખનળી, (mouth piece); (૨) બૅટરી;
(૩) કાનનળી (ear piece).

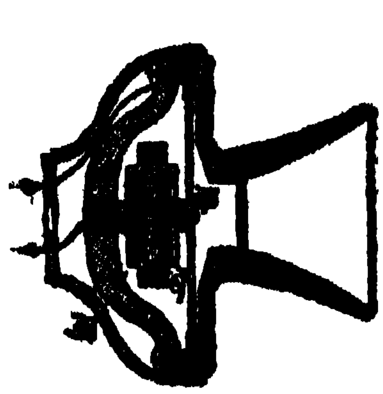
સંકોચાય છે અને તેથી એમાંથી વધુ પ્રમાણનો વિદ્યુતપ્રવાહ પસાર થાય છે. જ્યારે ब દૂર જાય છે, ત્યારે એ રજકણો વિસ્તૃત થાય છે અને તેથી પ્રમાણમાં ઓછો પ્રવાહ પસાર થાય છે. આ રીતે અવાજના આંદોલન વડે ब ની ધ્રુજારી ઉત્પન્ન થાય છે અને તે ધ્રુજારીથી अ અને ब વચ્ચેના કોલસાના રજકણો નજીક આવે છે અને દૂર જાય છે. આથી વિદ્યુતપ્રવાહમાં પણ વધઘટ થાય છે. કાનનળીમાં (૩) રાખેલા લોખંડના સળિયાની

ફરતે વિદ્યુત તાર વિંટાળેલો છે. વિદ્યુતપ્રવાહ વધઘટ થાય એટલે સળિયામાં વત્તુંઓછું ચુંબકત્વ આવે છે. એને લીધે એ સળિયાની નજીક રાખેલી લોખંડની પટ્ટી (plate) વત્તી-ઓછી આકર્ષાઇ આંદોલિત થાય છે. આ આંદોલનોમાંથી ઉત્પન્ન થતાં વિદ્યુતપ્રવાહની વધઘટના પ્રમાણસર હોવાથી प વડે હવામાં મુખનળી (૧) આગળ કરેલાં તેજ પ્રકારના અવાજના આંદોલનો ઉત્પન્ન થાય છે. આ રીતે (૧) આગળ કાઢેલો અવાજ ફરીથી કાનનળી (૩) આગળ प ની ધ્રૂજારીથી સંભળાય છે. એ રીતે અવાજના આંદોલનો, ચુંબકબળનો ફેરફાર, પ્રવાહની વધઘટ એ સર્વ સંવાહિત (in resonance) હોવાથી જે અવાજ ब આગળ કર્યો, તેજ અવાજ પાછો प પ્લેટ વડે મળે છે. આ ટેલિફોનનો સાદો સિદ્ધાંત સૂચવે છે.

૯. માઇક્રોફોન Microphone

ઉપર દર્શાવેલા સિદ્ધાન્ત ઉપર આધાર રાખી માઇક્રોફોન વડે અવાજના આંદોલનને વિદ્યુતપ્રવાહમાં ફેરફાર કરી ધ્વનિવર્ધકો (loud speakers) વડે અવાજને મોટો કરવામાં આવે છે. માઇક્રોફોનમાં પ્રથમ અવાજના આંદોલનોને

આકૃતિ ૨૮૨



વિદ્યુતના પ્રવાહની વધઘટ કરવા માટે એક કોષ (બેટરી)માંથી પ્રથમ થોડો પ્રવાહ આકૃતિ (૨૮૨) માં બતાવ્યા પ્રમાણે क જેવી ધાતુની પ્લેટમાં દાખલ કરવામાં આવે છે. એ પ્રવાહ क ને अ ની વચ્ચે રાખેલા કોલસાના બારીક ભુકા ब માંથી પસાર થાય છે. અવાજ કરવામાં આવે, ત્યારે क પ્લેટની ધ્રુજારીથી કોલસાના કણો આઘાપાછા જાય છે, એટલે તેનો પ્રતિરોધ (resistance)

વત્તોઓછો થાય છે; અને તેથી વિદ્યુતપ્રવાહ પણ તેજ પ્રમાણમાં વધઘટ થાય છે. આ રીતે ઉત્પન્ન કરેલા પ્રવાહને ધ્વનિવર્ધકમાં લઇ જઇ વિદ્યુતપ્રવાહને વિપૂલ (magnify) કરી પાછો મોટો અવાજ ઉત્પન્ન કરી શકાય છે.

સાર

૧. વિદ્યુતપ્રવાહ ચાલુ થાય તે વાહકની ફરતે ચુંબકબળ પેદા થાય છે. આથી ઊલટું જો વાહકની નજીક એકાએક ચુંબકબળ પેદા કરવામાં આવે અથવા વાહકને ચુંબકબળના ક્ષેત્રમાં ઝડપથી ખસેડવામાં આવે તો તેમાં વિદ્યુતપ્રવાહ પેદા થાય છે. આને ઉપપાદિત પ્રવાહ (induced current) કહેવામાં આવે છે.

૨. એક બંધ ગુંછળાંમાં ચુંબકબળનો એકાએક ફેરફાર કરવામાં આવે તો તેથી ઉપપાદિત વિદ્યુતપ્રવાહ પેદા થાય છે અને એ પ્રવાહ જ્યાં સુધી ચુંબકબળનો ફેરફાર ચાલુ રહે, ત્યાં સુધી જ પસાર થાય છે. ગુંછળાંમાં પેદા થતું ઉપપાદિત વિદ્યુતચાલક બળનો (induced electromotive force) આધાર ચુંબક-બળના ફેરફારની ઝડપ ઉપર આધાર રાખે છે. જેમ ઝડપથી લોહચુંબકને એ ગુંછળાંમાં લાવીએ અથવા દૂર કરીએ, તેમ વધુ વિદ્યુતચાલકબળ ઉત્પન્ન થાય છે. ઉપપાદિત વિદ્યુત હંમેશાં ગુંછળાંમાં થતા ચુંબકબળના ફેરફારનો વિરોધ કરે છે. ચુંબક-બળનો ફેરફાર લોહચુંબક વડે, નજીકના ગુંછળાંમાં પ્રવાહ પસાર કરી અથવા વાહક ગુંછળાંને ચુંબકક્ષેત્રમાં ગોળ ફેરવીને કરીએ તો પણ ઉપપાદિત પ્રવાહ પેદા થાય છે.

૩. મોટરનું કાર્ય પ્રવાહને લીધે ઉત્પન્ન થતાં ચુંબકબળના ઉપર આધાર રાખે છે. લોહચુંબકના ધ્રુવની વચ્ચે રાખેલાં આર્મેચર ઉપરના તારના ગુંછળાંમાં પ્રવાહ પસાર થવાથી તે અપાકર્ષ થાય છે અને ગોળ ફરવા લાગે છે. અર્ધું ચક્ર લેવાથી તેમાં

પ્રવાહની દિશા બદલાય છે, એટલે હંમેશાં અપાકર્ષણુ જ ચાલુ રહે છે.

૪. ડાયનેમોમાં ઉપપાદિત પ્રવાહ પેદા થાય છે. આર્મેચર ઉપરના ગુંછળાંને લોહચુંબકના બે ધ્રુવ જેમ ઝડપથી વધારે ફેરવીએ, તેમ વધુ વિદ્યુતચાલક બળ પેદા થાય છે. ટ્રાન્સફોર્મરમાં પણ ઉપપાદિત વિદ્યુતનો સિધ્ધાંત ઉપયોગમાં લેવાય છે.

૫. વિદ્યુત ઘંટડી અને ટેલિફોનમાં ક્ષણિક ચુંબકત્વના ગુણનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે.

૬. ટેલીફોનમાં ઉપપાદિત વિદ્યુત તેમજ દબાણને લીધે કોલસાના કણોમાં પ્રતિરોધનો ફેરફાર થાય તેનો ઉપયોગ થાય છે. માઇક્રોફોનમાં અવાજના આંદોલનો પડતાં તેમાંથી પસાર થતા વિદ્યુતપ્રવાહમાં વધઘટ થાય છે અને તેવીજ વધઘટ સામી બાજુએ થવાથી લાઉડસ્પિકર વડે અવાજ સાંભળી શકાય છે.

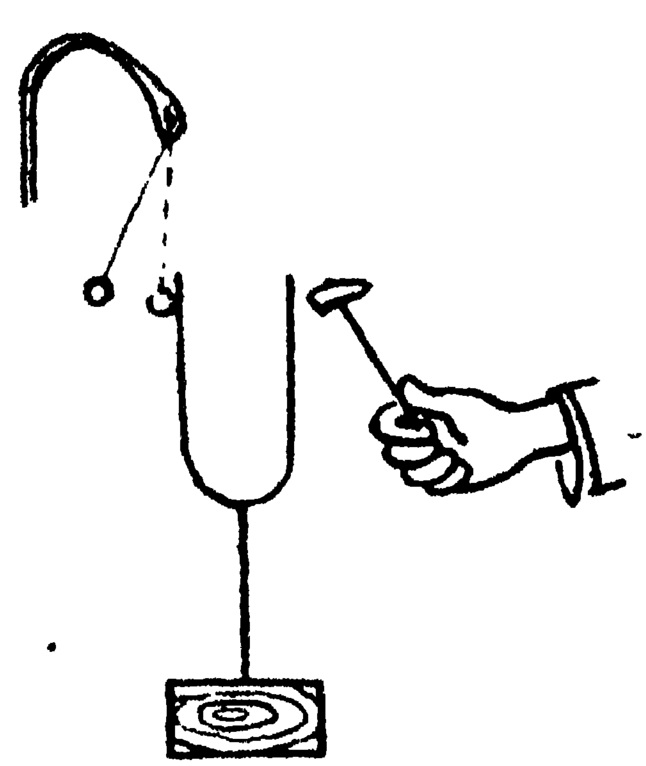
પ્રકરણ ૨૬

ધ્વનિ (Sound)

૧. ધ્વનિ શાથી ઉત્પન્ન થાય છે.

હવામાં એક વસ્તુને જોરથી હલાવીએ, એ વસ્તુને અફાળીએ અથવા કોઇ રીતે એક વસ્તુમાં ધ્રુજારી ઉત્પન્ન કરીએ ત્યારે અવાજ ઉત્પન્ન થાય છે. ટુંકમાં અવાજ દ્રવ્યના આંદોલનોથી (oscillation)થી ઉત્પન્ન થાય છે. આ બાબત નીચેના પ્રયોગથી સ્પષ્ટ જણાય છે.

આકૃતિ ૨૮૩



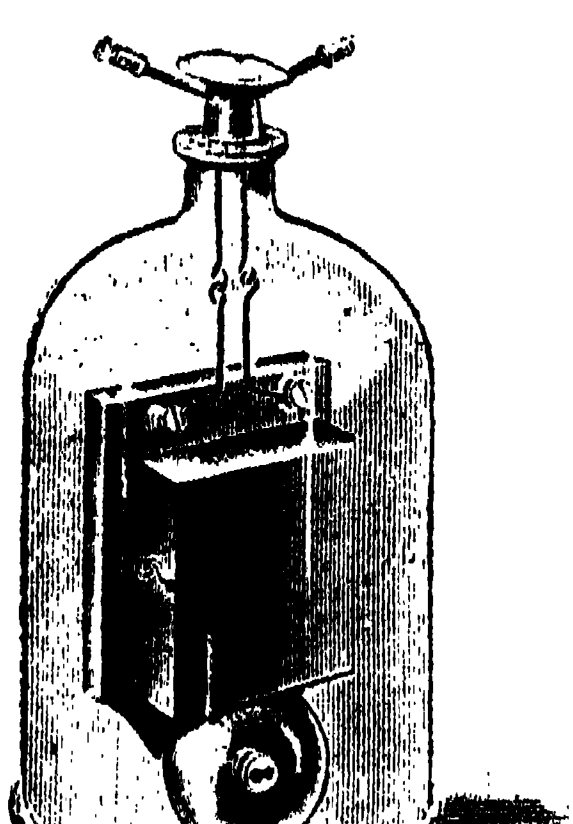
પ્રયોગઃ—આકૃતિ (૨૮૩) માં માં બતાવ્યા મુજબ એ સ્વરશુલ (tuning fork) લો અને તેને અડીને રહે તેમ એક લોખંડની ગોળીને દોરી વડે લટકાવો. હવે હથોડી વડે એ સ્વરશૂલને (ચિપિયાને) ધ્રુજાવો. એથી માલૂમ પડશે કે લોખંડની ગોળી ધ્રુજવા લાગે છે, સ્વરશૂલ (ચિપિયા) ની બન્ને પટી ધ્રુજે છે, તેથી તેમાંથી અવાજ નીકળે છે.

અવાજ ત્રણ જાતના દ્રવ્યમાંથી પસાર થાય છે. હવામાં, પાણીમાં અથવા દિવાલમાં એક જગ્યાએ અવાજ ઉત્પન્ન કરીએ તે વત્તીઓછી ઝડપે ગતિ કરી બીજી જગ્યાએ સંભળાય છે. હવામાં અવાજ સાધારણ રીતે સેકન્ડના ૩૩૦ મિટર અથવા આશરે ૧૧૩૦ ફૂટ વેગથી મુસાફરી કરે છે. પાણીમાં અવાજનો વેગ સેકન્ડનો ૧૪૦૦ મિટર છે અને લોખંડમાં સેકન્ડનો ૫૧૦૦ મિટર છે. આ ઉપરથી જણાશે કે અવાજ વાયુમાં

ધીમે પસાર થાય છે, પ્રવાહમાં ઝડપી હોય છે અને ઘન વસ્તુમાં સૌથી વિશેષ ઝડપી બને છે. પ્રકાશનો વેગ (સેકન્ડનો ૧૮૬૦૦૦ માઇલ) અવાજના વેગથી ઘણો વધુ હોવાથી એકાદ દૂરના સ્થળે કોઇ કારણથી અવાજ ઉત્પન્ન થાય તો અવાજ ઉત્પન્ન થવાનું કારણ તુરત જ દેખાશે, પરંતુ અવાજ પાછળથી આવશે.

૨. ધ્વનિ કેવી રીતે પ્રસરે છે. ધ્વનિને ઉત્પન્ન થવા માટે તથા એક જગ્યાથી બીજી જગ્યાએ જવા માટે કોઇ પણ પ્રકારના દ્રવ્યની આવશ્યકતા હોય છે. જો દ્રવ્યનો અભાવ હોય, એટલે કે કોઇ સ્થળે શૂન્યાવકાશ હોય તો તેમાંથી અવાજ પ્રસરી શકતો નથી. દાખલા તરીકે

આકૃતિ ૨૮૪

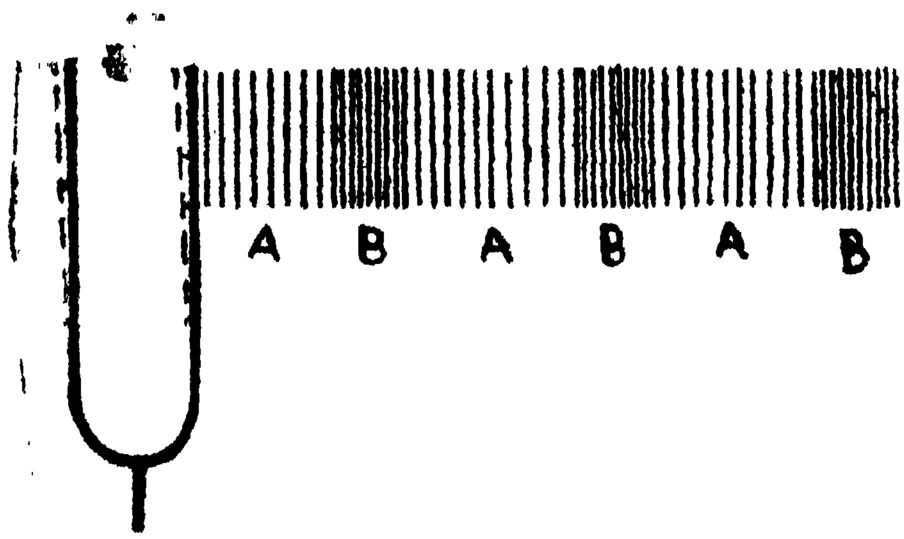


આકૃતિ (૨૮૪) માં બતાવેલી એક કાચની બરણીમાં હવા શોષી લઈ વિદ્યુત ઘંટડી વગાડીશું તો અવાજ આવશે નહિં, પરંતુ જો અંદર હવા દાખલ કરીએ તો અવાજ આવશે. આ ઉપરથી ખાતરી થશે કે અવાજ પસાર થવા માટે કોઈ પણ દ્રવ્યના માધ્યમ (material medium) ની જરૂરિયાત છે.

અવાજ દ્રવ્યમાં આંદોલન ઉત્પન્ન થવાથી પ્રસરે છે. જેમ પાણીમાં પત્થર નાંખવાંથી મોજાં ઉત્પન્ન થઇ પ્રસરે છે, તેમ અવાજ પણ દ્રવ્યના અણુના આંદોલન વડે ઉત્પન્ન થતાં મોજાં વડે પ્રસરે છે.

આકૃતિ (૨૮૫) માં એક સ્વરશૂલ વડે કેમ અવાજ પેદા થાય તે બતાવેલું છે. (ચિપિયાનો હાથો જમણી બાજુ જાય

આકૃતિ ૨૮૫



આકૃતિ ૨૮૬



ત્યારે તે હવાને B આગળ બતાવ્યા પ્રમાણે સંકોચે છે, અને ડાબી બાજુએ જાય, ત્યારે A ની પેઠે વિસ્તારે છે. આ ઘટના વારંવાર ચાલે છે એટલે B અને A વડે દર્શાવેલાં સંકોચન (ઘનીભવન, condensation) અને વિસ્તારણ (સ્ફારીભવન, rarefaction) અવાજના મોજાંરૂપે આગળ વધે છે.

આકૃતિ (૨૮૬)માં હવામાં અવાજના મોજાં કેમ પ્રસરે છે તે બતાવ્યું છે. હવાના બધા અણુ એકી સાથે આંદોલિત થતાં નથી એટલે શરૂઆતમાં અવાજનાં મોજાંથી હવાના અણુ એકમેકની ઘણા નજીક આવે છે, અને પછીથી વધુ વિસ્તૃત થાય છે. એ પ્રકારનો ક્રમ આગળ વધે છે. અણુ એકમેકની ખૂબ નજીક આવે તે બનાવને ઘનીભવન (condensation) કહેવામાં આવે છે, અને જ્યારે એકમેકથી દૂર જાય તેને સ્ફારીભવન (rarefaction) કહેવામાં આવે છે. અવાજનું મોજું આવા ઘનીભવન અને સ્ફારીભવનના ક્રમ વડે આગળ વધે છે.

૩. અવાજના તરંગો **Waves of sound** જેના એક છેડાને પિન લગાડી હોય એવો એક સ્વરશૂલ (tuning fork) લઈ તેને પછાડી અવાજ ઉત્પન્ન

કરશો અને આકૃતિ (૨૮૭)માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક મેશ વાળી પ્લેટ ઉપર પિન અડેલી રાખીને ખેંચશો તો, એ પ્લેટ ઉપર વક્ર આલેખ (curve) માલૂમ પડશે, અને પાણીના મોજાંના જેવો ખ્યાલ આપશે. આ આલેખને અવાજનો તરંગ કહેવામાં આવે છે. બે તરંગના એકજ દિશામાં ઉપસેલા બે ભાગના અંતરને

આકૃતિ ૨૮૭



તરંગ–લંબાઇ (wave-length) કહેવામાં આવે છે. એક સ્વરશૂલ વડે આલેખ તૈયાર થયો હોય તો તરંગ–લંબાઇ હમેશાં સરખીજ રહે છે. એક સેકન્ડમાં સ્વરશૂલ જેટલી વાર કમ્પાયમાન થાય, તેટલા તરંગો એક સેકન્ડમાં પ્લેટ ઉપર નોંધાશે. આથી લાગે છે કે જેમ કમ્પસંખ્યા વધુ તેમ તરંગો પણ વધુ.

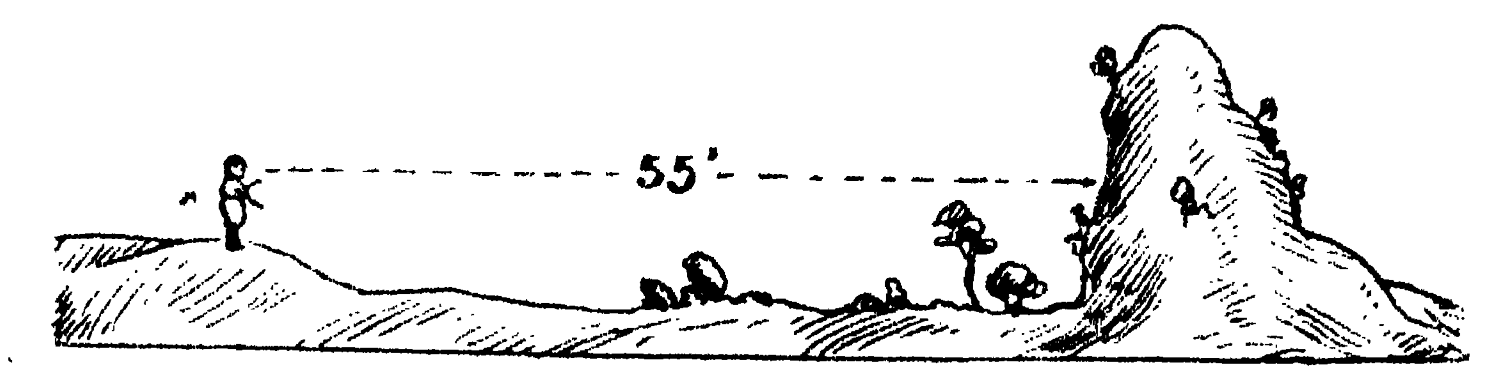
કમ્પસંખ્યા (frequency) વધુ તેમ અવાજ ઘણો તીણો લાગે છે. તરંગની ઊંચાઇ (amplitude) ઉપર અવાજના મોટા-પણા (loudness)નો આધાર રહે છે. જેમ અવાજ વધુ ઊંચો, તેમ તરંગો પણ વધુ ઊંચાઇના હોય છે. તરંગો જો વાંકાચુંકા હોય તો અવાજનો રણકાર બદલાશે. આમ અવાજના પ્રકારનો આધાર કમ્પસંખ્યા (frequency), તરંગની ઊંચાઇ (amplitudes) અને તરંગના સ્વરૂપ ઉપર રાખે છે.

૪. ધ્વનિનું પરાવર્તન
Reflection of sound

જેમ પ્રકાશનું પરાવર્તન થાય છે તેમ અવાજનું પણ પરાવર્તન થાય છે. મોટી દિવાલ અથવા મોટી ટેકરી આગળ

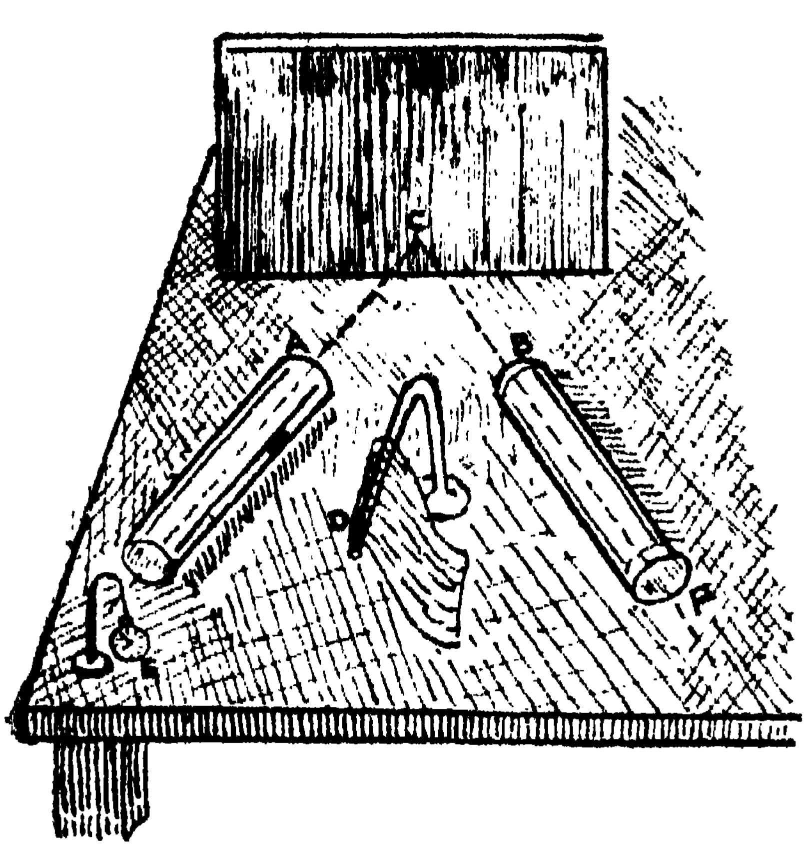
આશરે ૫૫ ફૂટથી વેગળે ઉભા રહી અવાજ કરીએ તો તેનું પરાવર્તન થઈને જે અવાજ કરીએ તેજ પાછો સંભળાય છે. ૫૫ ફૂટથી નજીક કરેલો અવાજ એટલો જલદી પાછો આવશે કે જેથી બન્ને અવાજ સેળભેળ થઇ જશે. આવી રીતે પરાવર્ત (reflect) થઈને આવતા અવાજને પ્રતિધ્વનિ અથવા પડઘો (echo) કહેવામાં આવે છે. અવાજના પરાવર્તનના નિયમો પણ પ્રકાશના પરાવર્તનના નિયમો જેવાજ છે. ધ્વનિનું પરાવર્તન નીચેના પ્રયોગોથી સમજાશે.

આકૃતિ ૨૮૮



ટેકરીની સામે ૫૫ ફૂટ દૂર રહેવાથી પડઘો સંભળાય છે.

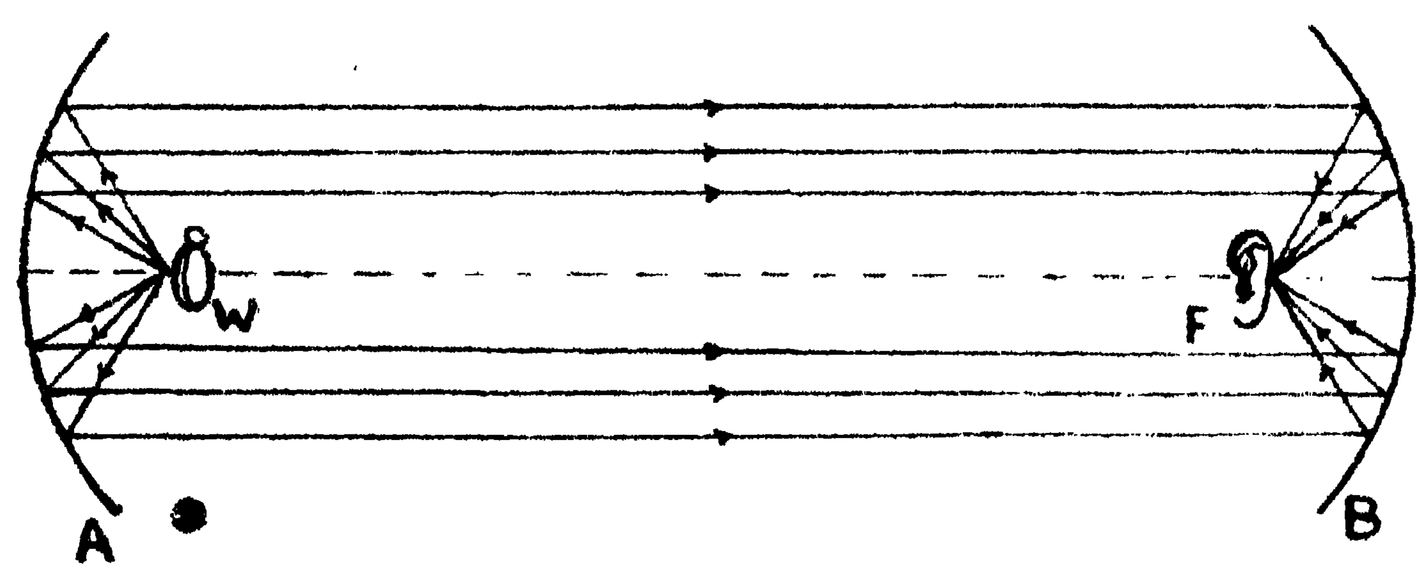
આકૃતિ ૨૮૯



પ્રયોગઃ-આકૃતિ (૨૮૯) માં બતાવ્યા મુજબ ભુંગળીઓને A અને B આગળ ઘોડી પર ટેકવી ગોઠવો. E આગળની ભુંગળી પાસે ઘડિયાળ રાખો, બીજી ભુંગળીના છેડે F આગળ તમારો કાન ધરો. E થી F તરફ સીધાં આવતાં અવાજનાં તરંગો અટકાવવા માટે ઘડિયાળ અને તમારા કાનની વચ્ચે એક પડદો રાખો. ઘડિયાળમાંથી અવાજના તરંગો સીધાં તમે સાંભળી ન શકો તે લક્ષમાં રાખો. ભુંગળીઓના

બીજા છેડાઓ નજીક પુંઠાનો ટુકડો ઉભો રાખો. એ કાગળના પુઠાંને એવી રીતે ગોઠવો કે જેથી તમે અવાજના તરંગો E આગળ રાખેલા કાનથી સાંભળી શકો. C આગળનું પુંઠું અવાજના તરંગોના માર્ગમાં નડતરરૂપ છે. એથી અવાજના તરંગો આગળ જઇ શકતા નથી. એ અવાજના તરંગોનું પરાવર્તક (reflector) કહેવાય છે. ભુંગળી જુદી જુદી જગાએ ગોઠવી આ પ્રયોગ બે ત્રણ વખત કરો. AC અને BC ને જોડી દો. પુંઠાની સપાટી પર C માંથી લંબ દોરો. આપાત અને પરાવર્ત ખૂણાઓનું માપ લો. તમે જોઇ શકશો કે પ્રકાશના કિરણોની પેઠે અવાજના તરંગોમાં પણ આપાતકોણ પરાવર્ત-કોણની બરાબર છે.

આકૃતિ ૨૯૦

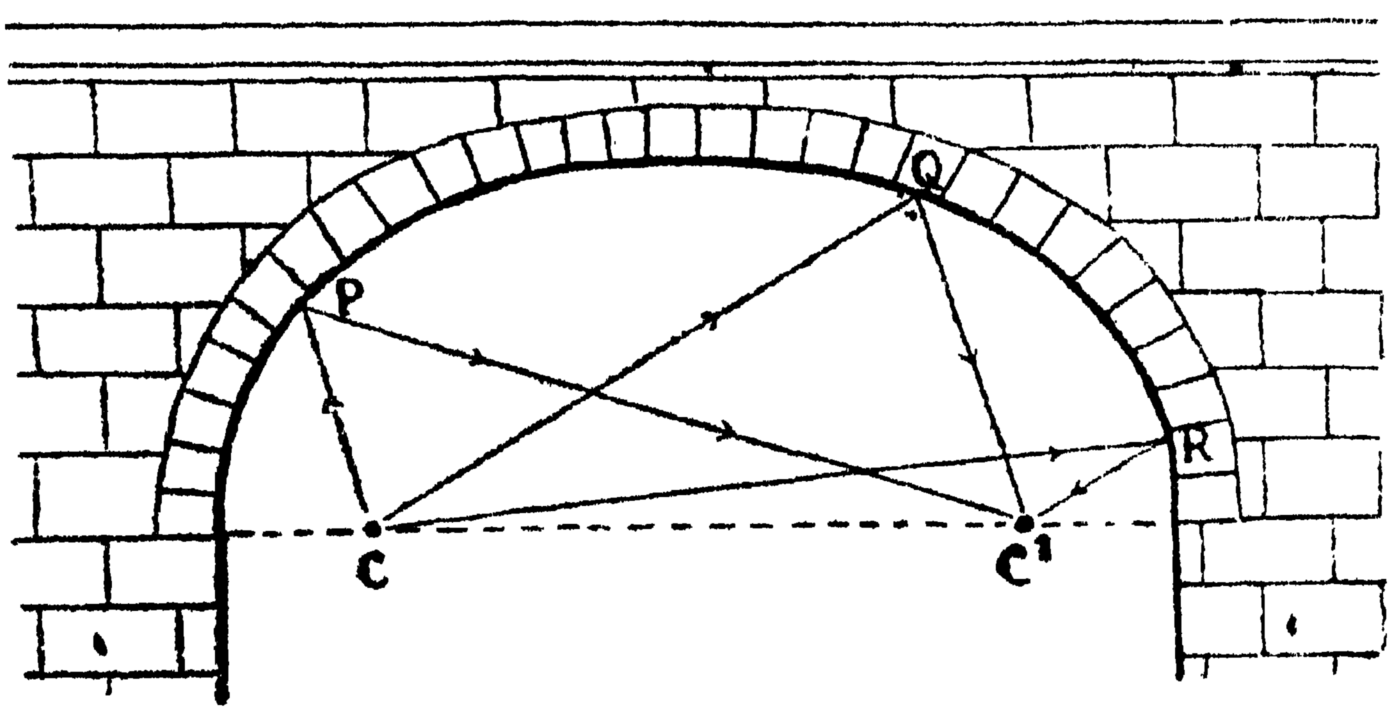


પ્રયોગઃ—બે મોટા ધાતુના અંતર્ગોળ આરસા A અને B લો. W અને F આગળ તેમના કેન્દ્ર આવે તેમ તેમને ગોઠવો. W આગળ નાનું ઘડિયાળ રાખો. તેનો અવાજ એમને એમ સંભળાતો નથી. E આગળ કાન રાખો. અવાજ તીરથી બતાવ્યા પ્રમાણે કેન્દ્રિત થાય છે, એટલે ઘણો મોટો બને છે અને કાન વડે સંભળાય છે (આકૃતિ ૨૯૦)

એકાદ ઘુમ્મટમાં જઇ એકવાર અવાજ કરીએ તો તે અવાજનો પડઘો અનેકવાર સંભળાય છે. આવા પડઘાને અનેક પડઘા (multiple echoes) કહેવામાં આવે છે. આનું કારણ સ્પષ્ટ છે કે એક દિશામાં અવાજ કરીએ તે વારંવાર સામસામી બાજુ અથડાઇને એક પછી એક પડઘા ઉત્પન્ન કરે છે.

અવાજને પ્રકાશની પેઠે પરાવર્તક (refector) વડે કેન્દ્રિત પણ કરી શકાય છે. જો ગેાળ દિવાલ ઉપર ઘણે દૂરથી મંદ

આકૃતિ ૨૯૧



અવાજ આવે તે કેન્દ્ર આગળ સંભળાય છે. કેટલાંક મકાનેામાં અને દેવળેામાં આ જાતની ઘટનાથી અમુક જગ્યાએ (c આગળ) કરેલેા મંદ અવાજ બીજે ઠેકાણે (c' આગળ) કેન્દ્રિત થઈને સંભળાય છે; પરંતુ વચ્ચેની જગ્યાએ સંભળાતેા નથી. એક ગેાળ દિવાલના કેન્દ્ર આગળ ઘણેા મંદ અવાજ કરીએ તે દિવાલ વડે પરાવર્ત થઈને સામી ગેાળ દિવાલને અથડાતેા એ અવાજ બીજે ઠેકાણે સંભળાશે નહિ, પરંતુ એ બીજી દિવાલના કેન્દ્ર આગળ પાછેા જોરથી સંભળાશે. આવી જાતની રચનાવાળા મકાનને વ્હિસ્પરીંગ ગેલેરી (whispering gallery) કહેવામાં આવે છે (આકૃતિ ૨૯૧).

કેટલાક સાધનેા વડે ધ્વનિનું વર્ધન (magnification) પણ થઈ શકે છે. મેગાફેાન (magaphone) નામના લાંબી નળીવાળા ભુંગળાં જેવા આકારના સાધનમાં બેાલેા તેા જે દિશામાં એનું મુખ હેાય તે દિશામાં અવાજની બધી શક્તિ મૂખ્યત્વે પ્રસરે

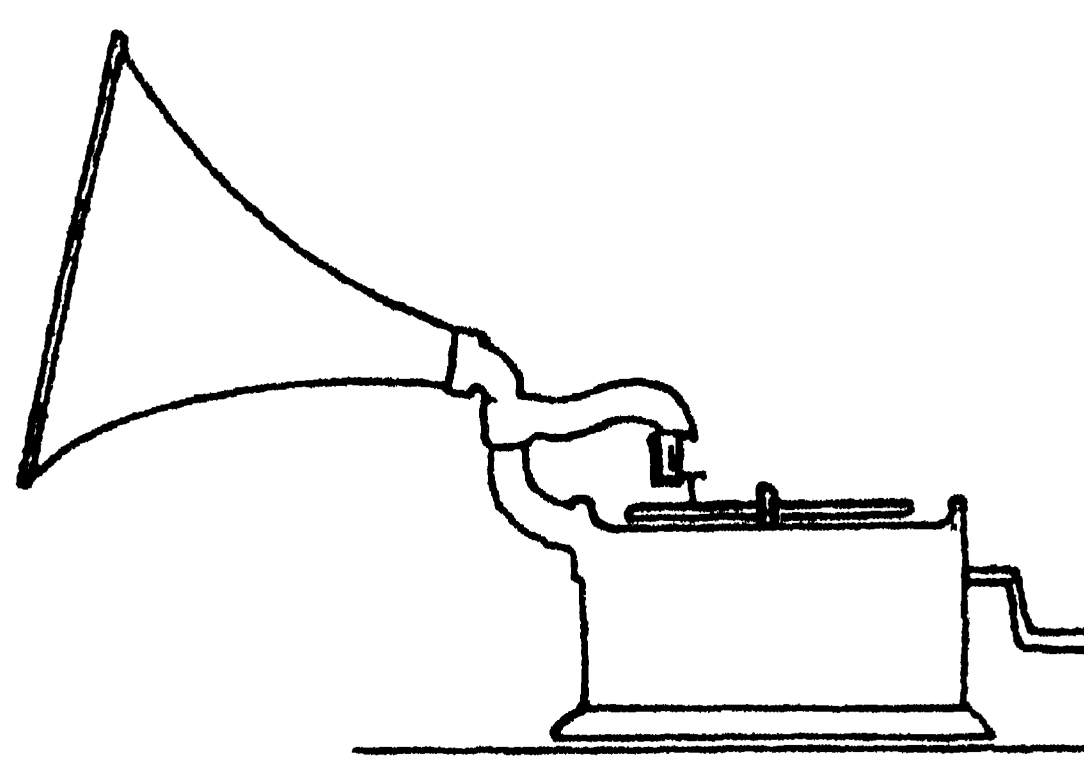
છે, એટલે અવાજ ઘણો મોટો લાગે છે. કાનને માટે પણ એવી જાતના ભૂંગળા (ear-trumpet કાનનળી) રાખવામાં આવે છે. એના પહોળાં મુખમાં દાખલ થતો અવાજ કાનની નજીક રાખેલા નાનાં કાણાં આગળ કેન્દ્રિત થાય છે અને તેથી મોટો અવાજ સંભળાય છે.

૫. ફોનોગ્રાફ અને ગ્રામોફોન

ફોનોગ્રાફ એટલે અવાજ નોંધવાનું સાધન અને ગ્રામોફોન એટલે નોંધેલા અવાજને પાછા સંભળાવવાનું સાધન.

અવાજ આંદોલનોથી ઉત્પન્ન થાય છે, અને અમુક જાતના અવાજ અમુક પ્રકારના જ આંદોલન ઉત્પન્ન કરે છે. આકૃતિ (૨૮૭) માં સ્વરશૂલ (tuning fork) વડે જે તરંગ ઉત્પન્ન

આકૃતિ ૨૯૨



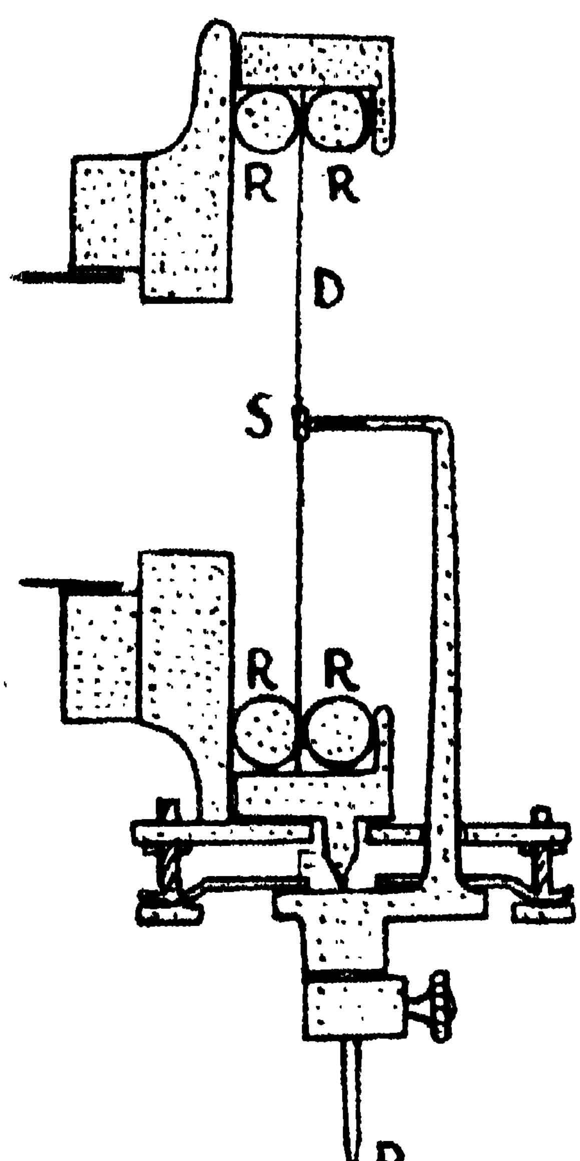
ગ્રામોફોન.

થયેલો છે, તેને ધ્વનિ લેખ (sound track) કહેવામાં આવે છે. હવે જો એ ધ્વનિ લેખ ઊંડો કરી એક પટીને સોય લગાડી એ લેખના ખાંચામાં રાખી પટીને પાછી તેજ ઝડપથી ખેંચીએ,

તો એ પટી સ્વરશલાની પેઠે જ આંદોલિત થશે અને તેવોજ અવાજ બહાર પાડશે.

આજ સિદ્ધન્ત ઉપર આધાર રાખી એડીસને ૧૮૭૭ માં ફોનોગ્રાફ અને ગ્રામોફોન શોધી કાઢ્યું. અવાજના આંદોલનોને કેન્દ્રિત અને વિપૂલ (magnify) કરી એક પિનને અવાજને

આકૃતિ ૨૯૩

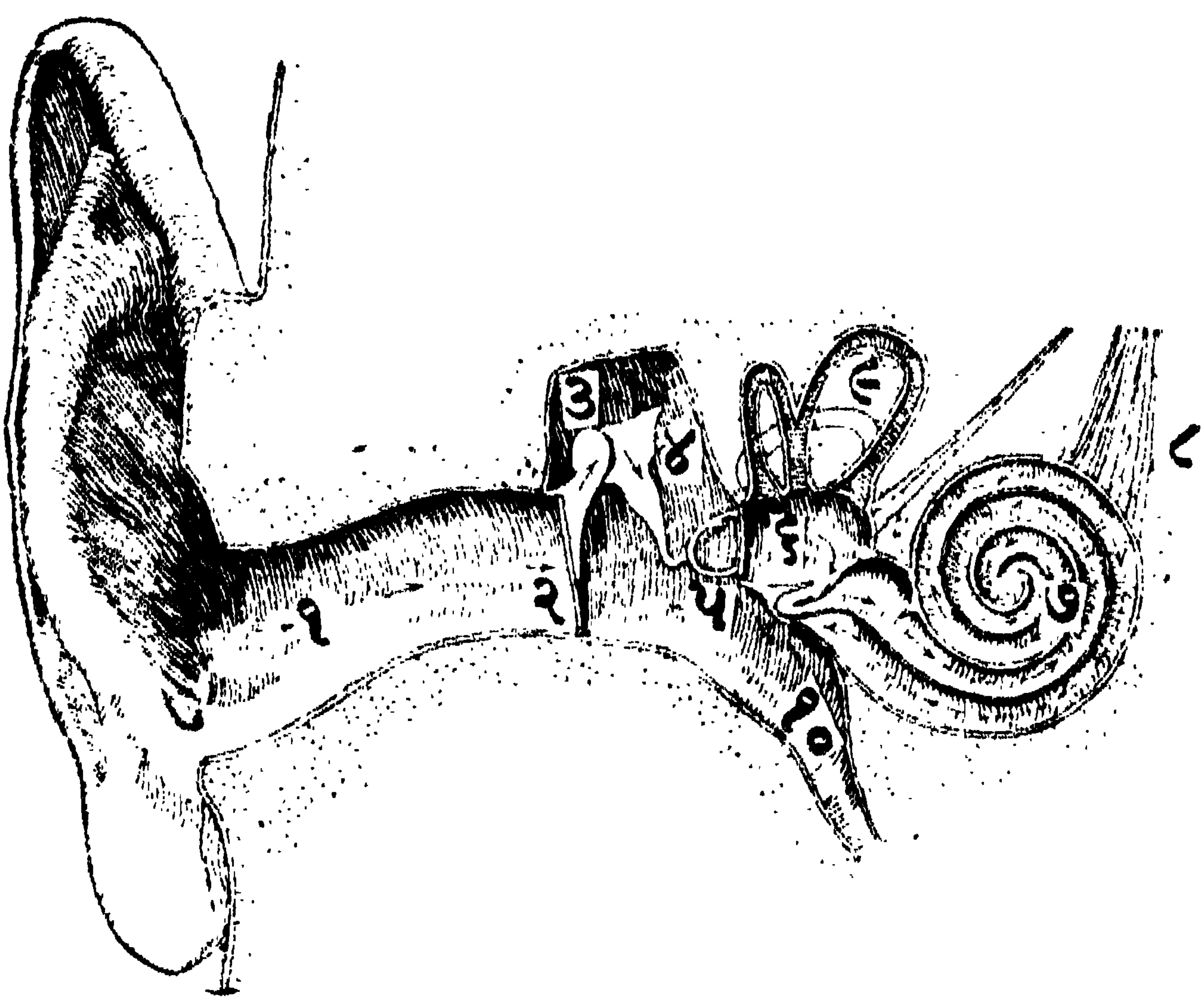


સંવાદિત (unison) હોય તેમ આંદોલિત કરવામાં આવે છે. એ પિનની ધ્રૂજારી એક મીણની તાવીને ગોળ ફેરવી નોંધી લેવામાં આવે છે. એટલે ધ્વનિલેખ તૈયાર થાય છે. આમ ફોનોગ્રાફનું કાર્ય ખતમ થાય છે. એ જ તાવીના ધ્વનિલેખમાં એક સાઉન્ડ બોક્ષ (sound box) ની પિન રાખી તાવીને પાછી અસલની ઝડપે ફેરવવામાં આવે, તો પાછો તેજ અવાજ ઉત્પન્ન કરી શકાશે. આકૃતિ (૨૯૩)માં સાઉન્ડ બોક્ષ બતાવવામાં આવ્યો છે. પિન P ને એક ધાતુની અથવા કાચની એક સરખી પાતળી પ્લેટ D ની વચ્ચે જડેલા સળિયામાં એક સ્ક્રૂ s વડે જોડવામાં આવે છે. પિનની ધ્રુજારી એ સળિયા મારફતે પ્લેટ D ને પહોંચે છે અને એ પ્લેટ ધ્રુજવાથી હવામાં અવાજના આંદોલન ઉત્પન્ન થાય છે, અને તે અવાજ નળીવાટે બહાર પડે છે. ગ્રામોફોનને આકૃતિ (૨૯૨) માં બતાવવામાં આવ્યું છે.

૬. કાનની રચના અને કાર્ય

અવાજના આંદોલન દૂરથી આવે છે તે પ્રથમ કાનની બહારની નળીમાં (૧) થઇને દાખલ થાય છે (આકૃતિ ૨૯૪). આ નળીને અંદરના ભાગમાં એક પાતળા પડદા (૨) થી બંધ કરેલી હોય છે. એ પડદાને ટિમ્પેનીક પડદો (tympanic membrane) કહેવામાં આવે છે. આ

આકૃતિ ૨૯૪

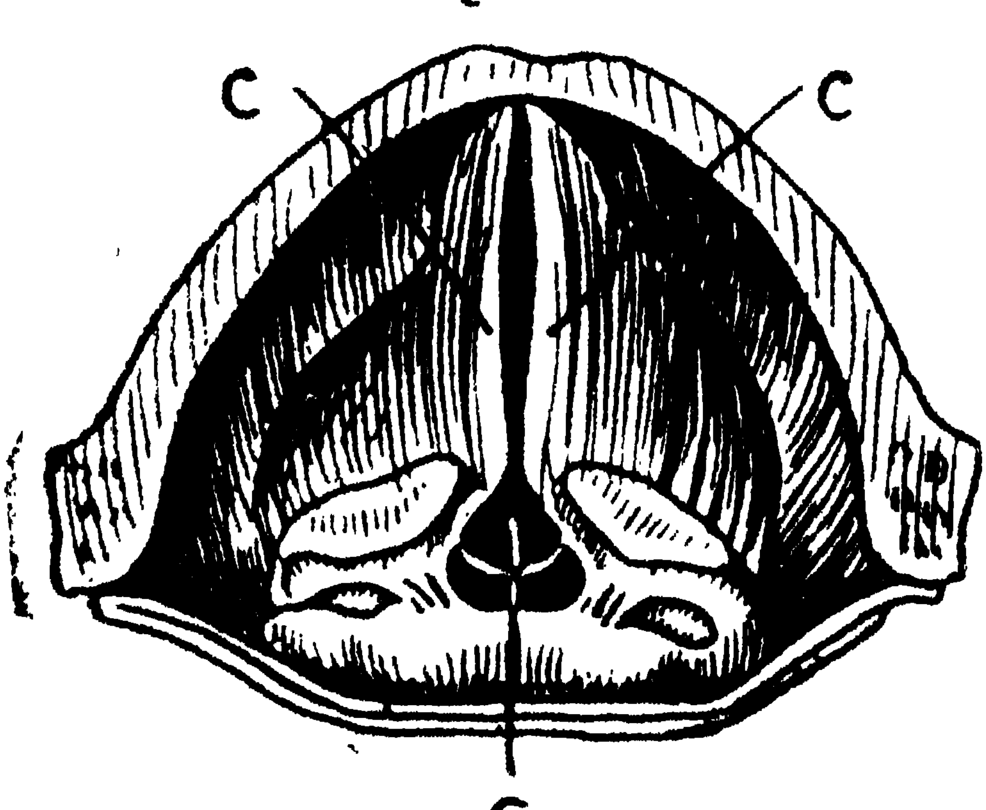


પડદાની સાથે એક હથોડી (hammer) (૩) જોડવામાં આવેલી છે. પડદા ઉપરના આંદોલનોથી હછોડી ધ્રૂજે છે અને એરણુરૂપી પડદા (anvil) (૪) ઉપર અથડાય છે. એરણુના પડદા ઉપર જે ધ્રૂજારી ઉત્પન્ન થાય છે તે એક તંતુ જેવા હાડકાં (stirrup bone) (૬) દ્વારા એક લંબગોળ મુખવાળી બંધ નળીના પડદાને પહોંચે છે. આ નળીને લેબિરિન્થ (labyrinth) (૭) કહેવામાં આવે છે અને એમાં પાણી જેવું પ્રવાહી

ભરેલું છે. સ્ટિરપ હાડકાં (૬)ના આંદોલન લેબિરિન્થના પડદા-દ્વારા આ પ્રવાહીમાં દાખલ થાય છે અને અંતે લેબિરિન્થના બીજે નાકે સંધાયેલા અસંખ્ય નાદતંતુ (auditory nerves) માં (૮) દાખલ થાય છે. આ નાદતંતુ અનેક લંબાઇના અને જુદી જુદી તંગ અવસ્થામાં હોય છે. અહિં અવાજના સામટાં આંદોલનોનું વર્ગીકરણ થાય છે. દરેક નાદતંતુ અમુક પ્રકારની કમ્પસંખ્યા (frequency) વાળા અવાજથીજ નાદોદિત (resonate) થાય છે, અને અવાજનું પૃથક્કરણ કરી મગજને સંદેશો પહોંચાડે છે. એક સામટા અનેક અવાજ આવતા હોય તેમાં દરેક અવાજની કંમ્પસંખ્યા, મોટાપણું અને સ્વર જુદા હોય છે. તેનું નાદતંતુ પૃથક્કરણ કરે છે. દિશા સૂચન માટે એકમેકને કાટખૂણે ત્રણ હાડકાં (૯) રાખેલાં છે, નળી (૧૦) ગળાની સાથે સંધાણ કરે છે અને અવાજના આંદોલનના વત્તાં ઓછાં દબાણથી કાનને રક્ષણ આપે છે.

આકૃતિ (૨૯૫)માં ગળામાંથી અવાજ કેવી રીતે ઉત્પન્ન થાય છે તે બતાવેલું છે. ગળામાં અવાજતંતુ (c) હોય છે. તેની ધ્રુજારી વડે અવાજ ઉત્પન્ન થાય છે. હવા નળીના મોં (G) માંથી વત્તાઓછા દબાણથી હવા બહાર નીકળે તે પ્રમાણમાં અવાજતંતું વત્તાઓછા ખેંચાઇને જુદી જુદી કંપસંખ્યાના અવાજો બહાર પાડે

આકૃતિ ૨૯૫



છે. ગળા, મોં, જીભ, દાંત અને હોઠની પરિસ્થિત ઉપર આધાર રાખી જુદા જુદા શબ્દોના અવાજો પેદા કરી શકાય છે.

સાર

૧. અવાજ દ્રવ્યના હલનચલનથી ઉત્પન્ન થાય છે, અને તેના પ્રસરણ માટે સ્થુળ દ્રવ્યના માધ્યમની જરૂર પડે છે. અવાજ શૂન્યાવકાશમાંથી પસાર થતો નથી.

૨. અવાજ તરંગ (મોજાં) રૂપે ગતિ કરે છે અને શૂન્ય ડિગ્રી સેન્ટિગ્રેડે એનો વેગ ૧૦૭૦ ફૂટ દર સેકન્ડ છે. સામાન્ય ટેમ્પરેચરે અવાજનો વેગ ૧૧૩૦ ફૂ./સેક. હોય છે.

૩ સંગિતમય સ્વર નિયમિત કંપને લીધે ઉત્પન્ન થાય છે. ઘોઘાંટ અનિયમિત કંપોથી પેદા થાય છે. ધ્વનિની તિવ્રતા (pitch) નો આધાર તેની કંપસંખ્યા (frequency) ઉપર રહે છે.

૪. પ્રકાશના નિયમોની પેઠેજ ધ્વનિનું પણ પરાવર્તન થાયછે.

૫. જો $\frac{૧}{૧૦}$ સેકન્ડ પછી એટલે કે ૫૫ ફૂટથી દૂરની વસ્તુ ઉપર અથડાઇને ધ્વનિ પરાવર્ત થઇને આવે તો પડઘો (echo) સંભળાય છે.

૬. અવાજના આંદોલનોને એક તકતી ઉપર પડવા દઇને તેની સાથે જડેલી પિનની ધ્રુજારીમાં ફેરવવામાં આવે છે અને એ ધ્રુજારી વડે ગ્રામોફોનની તાવી ઉપર અવાજની નોંધ થાય છે. તાવીને ગતિ આપી તેના ઉપર પિન ફેરવીને તેની ધ્રુજારી વડે પાછો અવાજ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે.

રસાયણ

પ્રકરણ ૧

રસાયણશાસ્ત્રને આવશ્યક ઘટનાઓ

૧. રસાયણશાસ્ત્ર એટલે શું ?

વૈજ્ઞાનિક જ્ઞાનનો મહાસાગર બહુ વિશાળ છે. એ જ્ઞાન જનતાને સંપૂર્ણ-પણે સમજાવવા માટે વૈજ્ઞાનિકોએ તેને જુદા જુદા વિભાગોમાં વહેંચી નાંખવાનો પ્રયત્ન કર્યો છે. એ પ્રમાણે વહેંચી નાંખવામાં આવેલા જ્ઞાનનાં દરેક વિભાગને શાસ્ત્ર તરીકે સંબોધવામાં આવે છે. એટલે કે વૈજ્ઞાનિકોએ આ વિરાટ અને વિશાળ જ્ઞાનનાં જુદાં જુદાં શાસ્ત્રો રચ્યાં છે; દાખલા તરીકે ભૌતિકશાસ્ત્ર, રસાયણશાસ્ત્ર, આરોગ્યશાસ્ત્ર, ભુસ્તરશાસ્ત્ર, વનસ્પતિશાસ્ત્ર, વગેરે. ભૌતિક ફેરફારોના સંબંધનું જ્ઞાન ભૌતિકશાસ્ત્રનાં વિભાગમાં ચર્ચવામાં આવ્યું છે. અહિં માત્ર રસાયણિક ફેરફારની સાથે સંકળાયેલા જ્ઞાનની ચર્ચા કરવામાં આવી છે. આ જ્ઞાનનાં વિભાગનો અભ્યાસ તેનું નામ રસાયણ-શાસ્ત્ર. સૃષ્ટિમાં નજરે પડતી જુદી જુદી વસ્તુ શાની બનેલી છે, એ વસ્તુના ગુણધર્મો (properties) શું છે અને એ વસ્તુ કેવી રીતે કેટલી રીતે સંયોજિત (compound) અથવા વિભક્ત કરી શકાય તેનો અભ્યાસ રસાયણશાસ્ત્ર દ્વારા થઇ શકે છે.

૨. ભૌતિક અને રસાયણિક ફેરફારો Physical and chemical changes

વીજળીના દીવાના તારમાંથી વિદ્યુત પ્રવાહ પસાર કરીએ, ત્યારે એ ગરમ થઇને પ્રકાશ અને ઉષ્ણતા આપે છે, પરંતુ વિદ્યુતપ્રવાહ બંધ કરીએ એટલે તાર પાછો હતો તેવો જ થઇ જાય છે.

એકાદ લોહચુંબકની નજીક એક ભરતર લોખંડનો સળિયો લઈ જઈએ, તો તેમાં પણ ચુંબકત્વ (magnetism) ઉત્પન્ન થાય છે, પરંતુ જેવું લોહચુંબક દૂર લઈ જઈએ તેવું એ ચુંબકત્વ નષ્ટ થાય છે. બરફના ટુકડાને હાથમાં લઈએ તો બરફનું પાણી થઈ જાય છે અને પાણીને ઉકાળીએ તો પાણીની વરાળ થાય છે, અને એથી ઉલટું વરાળને ઠંડી પાડી તેમાંથી પાણી અને પાછું બરફ ઉત્પન્ન કરી શકાય છે. ઉપર દર્શાવેલા દરેક પ્રયોગમાં પદાર્થના ગુણધર્મોમાં અમુક સ્થિતિને લીધે ફેર પડે છે, પરંતુ પદાર્થ તેનો તેજ રહે છે અને એનું મૂળ બંધારણ પણ તેજ રહે છે. આવા ફેરફારોને ભાૌતિક રૂપાંતરો કહેવામાં આવે છે. આવા પ્રકારનાં રૂપાંતરોના અભ્યાસ ભાૌતિકશાસ્ત્ર સાથે સંકલિત થયેલો છે. એક પથ્થરનાં ટુકડાને જોસથી હવામાં ફેંકીને તે પથ્થરના વેગ, પ્રવેગ વગેરેના અભ્યાસ ભાૌતિક શાસ્ત્ર દ્વારા તપાસી શકાશે; તેજ પથ્થરને હાઈડ્રોકલોરિક કે સલ્ફ્યુરિક તેજાબમાં નાંખવામાં આવે તો ત્યાં નવોજ પદાર્થ બનવા પામે છે. આ ક્રિયાને રસાયણિક ક્રિયા કહેવામાં આવે છે. રસાયણિક ફેરફારો રસાયણિક ક્રિયાને આભારી હોય છે.

ખાંડના ઢગલા ઉપર સલ્ફ્યુરિક તેજાબ (sulphuric acid) રેડીએ તો ખાંડ કાળી પડી જાય છે, અને ખાંડમાંથી કોલસો (કાર્બન) ઉત્પન્ન થાય છે. મૅગ્નેસિયમ (magnesium) ધાતુના તાર બાળવામાં આવે તો તેનું હવાના ઑક્સિજન સાથે જ્વલન (burning) થઈને તેનો મૅગ્નેસિયમ ઑક્સાઇડ (magesium-oxide) નામનો ભૂકો થઈ જશે. ચૂનાના પથ્થરને તેજાબમાં નાખવામાં આવે તો તે પથ્થર નષ્ટ થઇ તેનો જુદો જ પદાર્થ

બનવા પામે છે. દીવાસળીની પેટી પર લગાડવામાં આવતી અમુક પ્રકારની સપાટી સાથે દીવાસળીની અણી ઘસવામાં આવે તેા ભડકેા થાય છે અને દીવાસળી બળી જાય છે. આવા ફેરફારેા જેમાં છેવટની વસ્તુના ગુણધર્મો તદ્દન જુદા બની જાય છે, તેને રસાયણિક ફેરફારેા કહેવામાં આવે છે. રસાયણશાસ્ત્ર આવા ફેરફારેાનેા અભ્યાસ છે.

પ્રયેાગ (૧) :–એક ચેાખ્ખી કશનળી (test-tube) માં થેાડીક ધેાળી ખાંડ લેા અને તેને સ્પીરિટના દીવા પર જરા ગરમ કરેા. થેાડી વાર પછી તપાસેા કે એમાં કેવેા ફેરફાર થયેા છે? કશનળીમાં ખાંડ રહી છે કે નહિ? એનેા રંગ અને સ્વાદ કેવેા છે? પાણીમાં એ પદાર્થ એાગળી જાય છે?

ખાંડ ધેાળી અને સ્વાદે મીઠી હેાય છે. એને ગરમી આપવાથી બળી જાય છે અને ખાંડ મટીને નવેા પદાર્થ કેાલસેા બને છે. ખાંડ અને કેાલસેા એ જુદા પદાર્થો છે તેનાં ગુણધર્મો જુદા છે.

પ્રયેાગ (૨) :–એક કશનળીમાં (test tube) થેાડેા મંદ નાઇટ્રિક તેજાબ લેા અને તેમાં એક નાનેા તાંબાનેા ટુકડેા નાંખેા અને તેમાં શું ફેરફારેા થાય તે તપાસેા. તેમાંથી નીકળતા વાયુનેા રંગ તેમજ તાંબુ એાગળી ગયા પછીના દ્રાવણનેા રંગ તપાસેા. તાંબુ જો તેજાબમાં ન એાગળી જાય તેા જરૂર પડ્યે તે કશનળીને જરા ગરમી આપેા. તેમ કરવાથી તાંબાનેા રસાયણિક ફેરફાર જોવામાં આવશે અને કેાપર નાઇટ્રેટ નામનેા ક્ષાર બનશે.

પ્રયેાગ (૩) :–એક ચેાખ્ખી બિલકુલ ભેજ વગરની સૂકી ખાંડણીમાં થેાડેા ટ્રિક અગર ટાર્ટારિક તેજાબ લેા અને તેમાં તેટલા જ વજનનેા સૂકેા ખાવાનાં સેાડાનેા ક્ષાર (sodium bicarbonate) ભેળવેા. આ પ્રમાણે મિશ્રણ કરવાથી તમેા કંઇ ક્રિયા જોઇ શકેા છેા? નહિ. હવે તે તેજાબને પાણીમાં એાગાળી નાંખેા અને

સોડાને પણ બીજી કશ-નળીમાં પાણી રેડી ઓગાળી નાંખો અને પછી એ બન્ને દ્રાવણોનું મિશ્રણ કરો. અહિં રસાયણિક ક્રિયા નજરે પડશે. રસાયણિક ક્રિયા થવા માટે પદાર્થોના દ્રાવણની જરૂર પડે છે.

ઉપરનાં પ્રયોગો ઉપરથી ચોખ્ખું માલૂમ પડે છે કે (૧) પદાર્થોને ગરમી આપવાથી (૨) પદાર્થોનાં માત્ર મેળવવાથી અને (૩) પદાર્થોના દ્રાવણની મેળવણથી રસાયણિક રૂપાંતરો થવા પામે છે.

૩. શુદ્ધ દ્રવ્યો આપણે અનેક પદાર્થો આપણી સમક્ષ જોઇએ છીએ, પણ એ દ્રવ્યો રસાયણિક દૃષ્ટિએ શુદ્ધ હોતાં નથી. એમાં અનેક પ્રકારની અશુદ્ધિઓ ભળેલી હોય છે. આપણે વરસાદનું પાણી તપાસીએ તો તે રસાયણિક દૃષ્ટિએ વિશુદ્ધ નથી. હવામાનમાંથી કેટલાક વાયુઓનું તેમજ જમીનમાંથી કેટલાક દ્રવ્યોનું તેમાં મિશ્રણ થયેલું હોય છે, તેથી પાણી શુદ્ધ હોતું નથી. કેટલીક ધાતુઓ પણ વિશુદ્ધ સ્થિતિમાં મળતી નથી. દ્રવ્યોનાં ગુણ-ધર્મોનાં અભ્યાસ કરવા માટે આપણે તેઓને વિશુદ્ધ સ્થિતિમાં મેળવવી જોઇએ.

૪. દ્રાવણ, Solution પાણીનું પ્યાલું લઇ તેમાં થોડું મીઠું નાંખીએ તો થોડીવારમાં ઓગળી જશે, અને દેખાતું બંધ થશે. મીઠું અદૃષ્ય થાય છે, પરંતુ એ પાણીમાં ભળેલું રહે છે તે પાણીના સ્વાદમાં થયેલા ફેરફારથી ખબર પડે છે. એવી રીતે ઘણી વસ્તુ પાણીમાં વત્તાઓછા પ્રમાણમાં ઓગળે છે. પાણી અને વસ્તુનું જે ભેળ બને છે તેને દ્રાવણ (solution) કહેવામાં આવે છે. એક કાચની ગરણીમાં શોષક પત્ર (filter-paper) મૂકી દ્રાવણને

તેમાંથી ગાળી નાંખવામાં આવે તો દ્રાવ્ય અને અદ્રાવ્ય પદાર્થો છૂટા પાડી શકાય છે. દ્રાવ્ય પદાર્થનું પાણી સાથે દ્રાવણ બનેલું હોય છે, એટલે તે શોષકયંત્રમાં થઇને પસાર થાય છે. અદ્રાવ્ય વસ્તુ શોષકપત્ર ઉપર રહી જાય છે. દ્રાવણનું બાષ્પીભવન (evaporation) કરવાથી ઓગળેલા પદાર્થને છૂટો કરી શકાય છે.

અમુક ટેમ્પરેચરે પાણીમાં એક વસ્તુ અમુક જ પ્રમાણમાં ઓગળી શકે છે. જો ટેમ્પરેચર વધારીએ તો તેમાં તે વસ્તુ વધુ પ્રમાણમાં ઓગળે છે. એ પ્રમાણથી વધુ વસ્તુ પાણીમાં નાંખીએ તો તે ઓગળી જતી નથી, પરંતુ એમને એમ નીચે ઠરી રહે છે. એવા દ્રાવણને સમ્પૃક્ત દ્રાવણ (saturated solution) કહેવામાં આવે છે. લગભગ દરેક દ્રાવ્ય (soluble) વસ્તુ પાણીનું ટેમ્પરેચર વધારવામાં આવે તેમ વધારે પ્રમાણમાં તે ઓગળે છે અને ટેમ્પરેચર ઓછું થાય તેમ ઓછા પ્રમાણમાં ઓગળે છે. જે વસ્તુ પાણીમાં અગર કોઇ પણ પ્રવાહીમાં ઓગળી જાય છે, તે વસ્તુને દ્રાવ (solute) કહેવામાં આવે છે; અને વસ્તુને ઓગાળનાર પાણી અગર કોઇપણ પ્રવાહીને તેનું દ્રાવક (solvent) કહેવામાં આવે છે.

ઘણાખરા ક્ષાર (salt) જેવા કે ધોવાનો સોડા, બોરૅક્ષ, સુરોખાર, ખાંડ વગેરે વસ્તુ પાણીમાં સહેલાઇથી ઓગળે છે. કેટલીક વસ્તુ નહિ જેવી જ અથવા બિલકુલ ઓગળતી નથી, તેને અદ્રાવ્ય વસ્તુ (insoluble substance) કહેવામાં આવે છે.

૫. દ્રાવકતા
Solubility

એક વસ્તુ બીજીને ઓગાળી શકે એ શક્તિને દ્રાવકતા કહેવામાં આવે છે. સાધારણ રીતે ૧૦૦ ગ્રામ પાણીમાં અથવા પ્રવાહીમાં અમુક ટેમ્પરેચરે વધુમાં વધુ જેટલું દ્રાવ ઓગળે છે તેટલાંને તે વસ્તુની દ્રાવકતા (solubility) કહેવામાં આવે છે. કેટલીક વસ્તુ જેવી કે ખાંડ, મીઠુ વગેરે પાણીમાં વધુ દ્રાવ્ય હોય છે, જ્યારે સુરોખાર (nitre)પ્રમાણમાં ઓછો ઓગળે છે. જુદાં જુદાં ટેમ્પરેચરે અને જુદાં જુદાં પ્રવાહીમાં વસ્તુની દ્રાવકતામાં ફેર પડે છે. સામાન્ય ટેમ્પરેચરે (room) temperature) સો ગ્રામ પાણીમાં ૩૬ ગ્રામ (common salt sodium chloride) ઓગળેલું રહે છે એટલે સામાન્ય ટેમ્પરેચરે મીઠાંની દ્રાવકતા ૩૬ કહેવાય છે.

પ્રયોગ (૪):-સામાન્ય રીતે ટેમ્પરેચર વધારવાથી વધારે પ્રમાણમાં પદાર્થ પાણીમાં કે પ્રવાહીમાં ઓગળી શકે છે. એક કાચનાં પ્યાલામાં અમુક માપ પાણી લો અને તેમાં ઓગળી શકે તેવો પદાર્થ નાંખો અને ખૂબ હલાવો. ગરમી આપવાથી તે પદાર્થ પાણીમાં તદ્દન ઓગળી જશે. વધારે ગરમી આપવાથી વધારે નાઇટર તેમાં ઓગળશે. એ નીચેનાં કોઠા ઉપરથી માલૂમ પડશે.

ટેમ્પરેચર:—	૦°સે.	૨૦° સે.	૪૦°સે.	૫૦°સે.	૮૦°સે.	૧૦૦°સે.
દ્રાવકતા:—	૧૩/૩	૩૧.૨	૬૩	૧૧૨	૧૭૨	૨૪૭

૬. બાષ્પીભવન
Evaporation

પ્રયોગ ૫:-એક પ્યાલામાં પાણી લો અને તેમાં થોડુંક મીઠું નાંખીને હલાવો. મીઠું પાણીમાં ઓગળી જશે તે પ્યાલાને તદ્દન ધીમી ગરમી આપો એટલે પાણી બાષ્પીભવન ક્રિયાથી ઊડી જશે અને મીઠું આપણને પાછું મળશે.

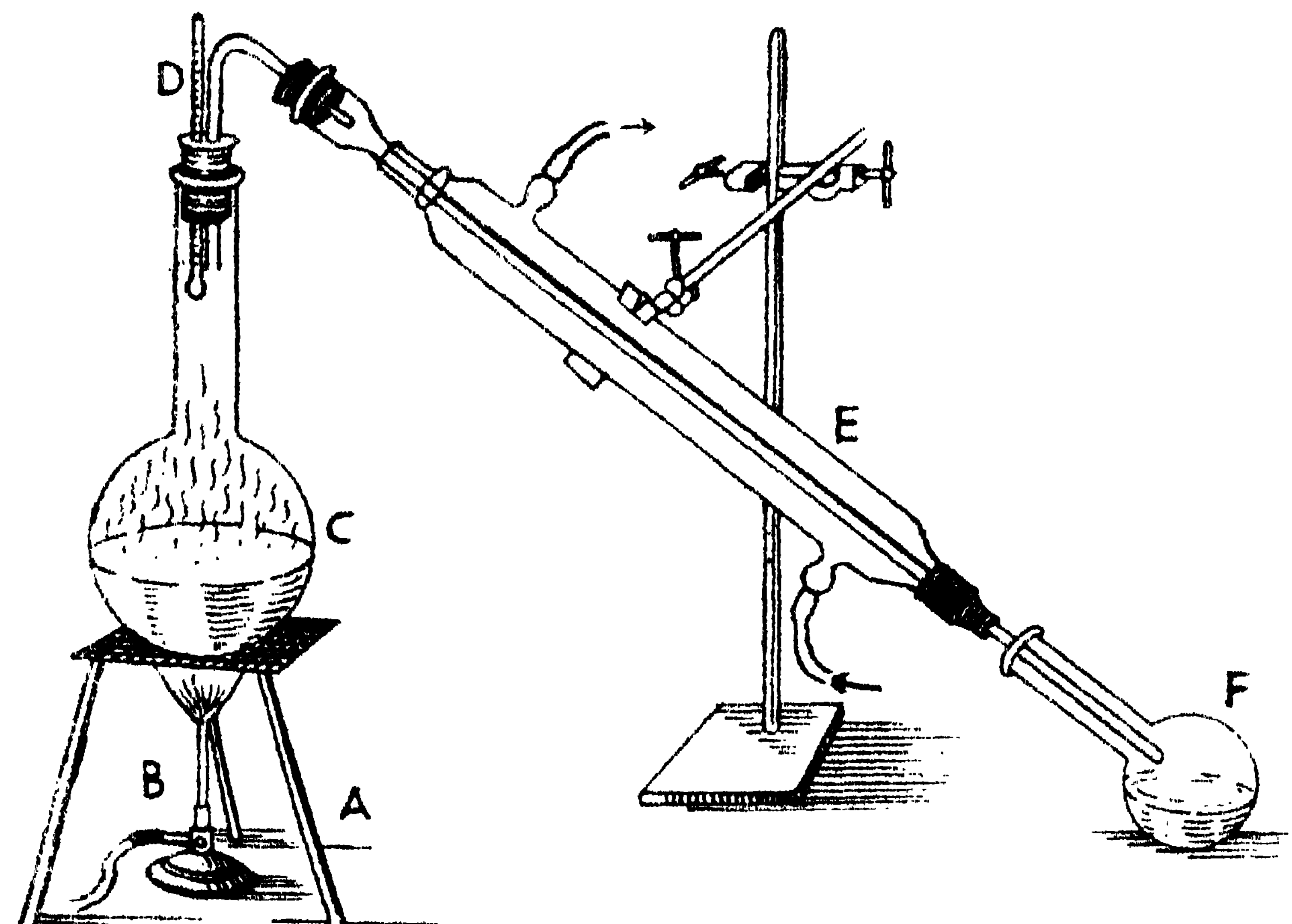
જો કોઈ દ્રાવણમાં રહેલી વસ્તુને તેના પ્રવાહીથી છૂટી પાડવી હોય તો તે દ્રાવણનું બાષ્પીભવન કરવાથી થઇ શકશે. બાષ્પીભવન એટલે પ્રવાહીનું વાયુરૂપમાં રૂપાંતર. એક છાછરી રકાબીમાં ખાંડવાળું પાણી તડકે મૂકશો અથવા છાંયડામાં લાંબે વાર રાખી મૂકશો, તો પાણી વરાળ થઇને ઊડી જશે અને ઓગળેલી ખાંડ નીચે રહી જશે. મીઠાંના અગરમાં સૂર્યના તાપે પાણીનું બાષ્પીભવન થાય છે, એટલે દ્રાવણમાં રહેલું મીઠું ઘનરૂપે નીચે રહી જાય છે. પાણીને ઉકાળવાથી બાષ્પીભવન ક્રિયા જલદી થાય છે, અને ઝટ દ્રાવ અને દ્રાવકને છૂટાં પાડી શકાય છે.

૭. ડિસ્ટિલેશન (નિસ્યંદન) Distillation

દ્રાવણમાંથી દ્રાવક (soluent)ને બાષ્પીભવન વડે છૂટું પાડી શકાય છે, પરંતુ પ્રવાહીને દ્રાવકથી છૂટું પાડી શુદ્ધ બનાવવું હોય તો દ્રાવણને ઉકાળી જે વરાળ બને છે, તેને કોઇ રીતે ઠંડી પાડવી પડે છે. આકૃતિ (૧)માં એવી રીતે પાણીને અથવા પ્રવાહીને ઉકાળી દ્રાવણમાંથી છૂટું પાડવાની રચના બતાવી છે. કાચના ગોળા C માં પાણીના દ્રાવણને બુન્સેન દીવા B (Bunsen burner) વડે ઉકાળો, એટલે પાણીની વરાળ એક વાંકી નળી વાટે બહાર જાય છે. એ લાંબી નળીની ફરતે એક બીજી નળી E રાખેલી છે. એક સ્ટેન્ડ વડે પકડીને એમાં ઠંડા પાણીનો પ્રવાહ ચાલુ રાખવામાં આવે છે, એટલે અંદરની નળીમાંથી પસાર થતી વરાળ દ્રવીભૂત (condense) થાય છે અને તેનું પાણી બને છે તે પાત્ર (vessel) F માં ભેગું થાય છે. બહારની નળીમાં ઠંડું પાણી

નીચેની નળીમાંથી દાખલ કરવામાં આવે છે, કારણ કે એ પાણી ગરમ થતાં આપોઆપ ઊંચે ચઢે છે, અને ઉપલી નળી વાટે બહાર જાય છે. આ રીતે પ્રવાહીને દ્રાવણમાંથી

આકૃતિ ૧



જૂદી પાડવાની રીતને ડિસ્ટિલેશન (distillation, નિસ્યંદન) કહેવામાં આવે છે.

૮. સંપ્લવન
Sublimation

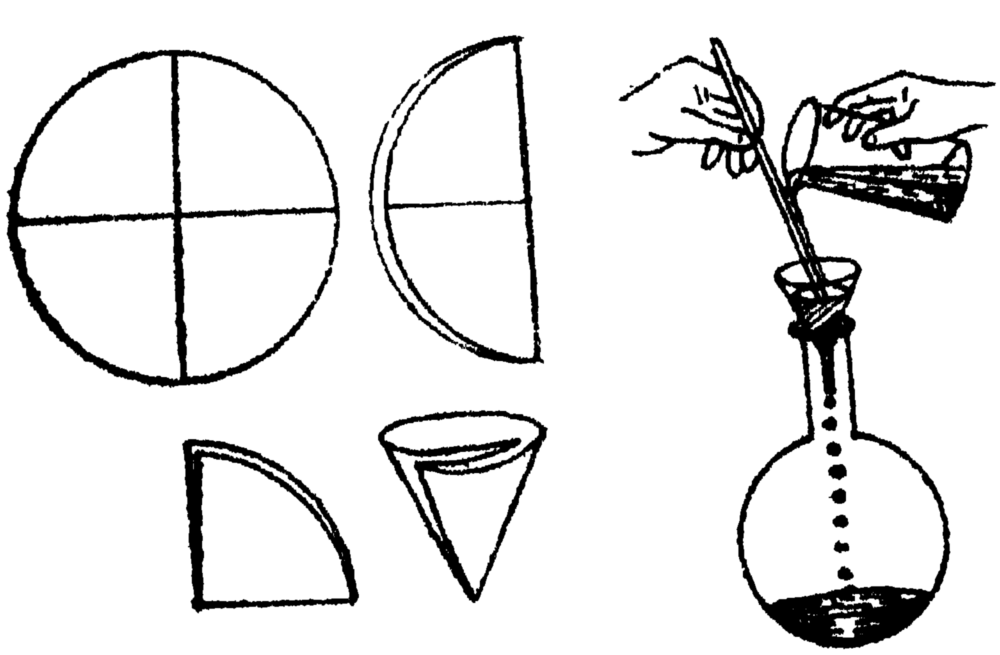
ઘન પદાર્થને ગરમી આપવાથી સામાન્ય રીતે તેનું પ્રવાહી થાય છે અને પ્રવાહીનો વાયુ બને છે. આમ છતાં કેટલાક પદાર્થો એવા હોય છે કે જેને ગરમી આપવાથી ઘનરૂપમાંથી વાયુ રૂપમાં ફેરવાઇ જાય છે. દાખલા તરીકે આયોડિન અને એમોનિયમ ક્લોરાઇડ; એ દરેકને જુદી જુદી ગ્રેશનળીમાં નાંખો અને પછી તે નળીને ગરમ કરો તો ઘન

આયોડિન અને એમોનિયમ ક્લોરાઈડ પ્રવાહીરૂપ ધારણ કર્યા વગર વાયુરૂપમાં ફેરવાઇ જશે. એ વાયુઓની ઉપર એક ઠંડુ ઢાંકણુ ધરવામાં આવે, તો તે વાયુરૂપ પદાર્થ ઢાંકણુ ઉપર ચોંટી જાય છે અને ઘનરૂપ ધારણ કરે છે. ગરમીથી પદાર્થનાં ગુણધર્મોમાં ફરક પડતો નથી. પદાર્થ તો તેનો તેજ રહે છે. અહિં માત્ર પદાર્થનું ઘનરૂપમાંથી પ્રવાહીરૂપ થયા વગર વાયુરૂપમાં રૂપાંતર થાય છે; અને એ ક્રિયાને (sublimation) સંપ્લવન કહે છે. એમોનિયમ ક્લોરાઇડ અને રેતીના ભેળમાંથી જો એમોનિયમ ક્લોરાઇડને છૂટો પાડવો હોય તો એક કુલડીમાં બન્નેને ગરમ કરવાથી નીચે રેતી રહે છે, અને ઉપરના ઠંડા ઢાંકણા ઉપર એમોનિયમ ક્લોરાઇડ બાઝી જાય છે.

૯ ફિલ્ટ્રેશન. (ગાળણુ) Filtration

પાણીમાં અથવા પ્રવાહીમાં કેટલીકવાર અદ્રાવ્ય (insoluble) વસ્તુ ભળેલી હોય છે તેને એમને એમ છટી પાડી શકાતી નથી. બાષ્પીભવનથી અથવા નિસ્યંદનથી એ પાણીને ચોખ્ખું બનાવી શકાય છે, પરંતુ સહેલાઇથી ચોખ્ખું બનાવવા આપણે પાણીને કપડાથી ગાળીએ છીએ. આમ છતાં વધુ ચોખ્ખાઈ માટે ગરણીમાં (funnel) માં ઘણા જ બારીક છીદ્રવાળું એક શોષક–પત્ર ગાળવાનું કાગળ (filter paper) વાપરવામા આવે છે. આકૃતિ (૨)માં ગાળણુ (filtration) કેમ થાય તે બતાવ્યું છે.

આકૃતિ ૨



પ્રયોગ (૬):–એક ગોળ શોષક-પત્ર લઇ તેને બતાવ્યા પ્રમાણે વચ્ચેથી વાળી પ્રથમ બેવડું બનાવી પછી ફરીથી વાળી ચોવડું બનાવો. હવે એ ચોવડા થયેલાં કાગળની એક બાજુએ એક પડ અને બીજી બાજુએ ત્રણ પડ રાખી શંકુની પેઠે ગોળ બનાવી ગરણીમાં બરાબર બેસાડો. હવે ડહોળું પાણી આપ્યું હોય તે એક પ્યાલામાં લો. બાજુમાં બતાવ્યા મુજબ એક કાચના સળિયાને અડાડી ભેળવાળા પાણીની ધાર ધીમે ધીમે નીચે ઉતારો. એ ગરણીમાંથી નિતર્યું પાણી નીચેના વાસણમાં પડશે, અને ભેળમાં રહેલી અદ્રાવ્ય વસ્તુ શોષકપત્ર ઉપર રહી જશે.

આવી રીતે માત્ર ભેળમાં રહેલી અદ્રાવ્ય વસ્તુ જ છૂટી પડે છે. દ્રાવણમાં રહેલી વસ્તુ પાણી સાથે નીચે ગળી જાય છે.

૧૦. નિતારણ
Decantation

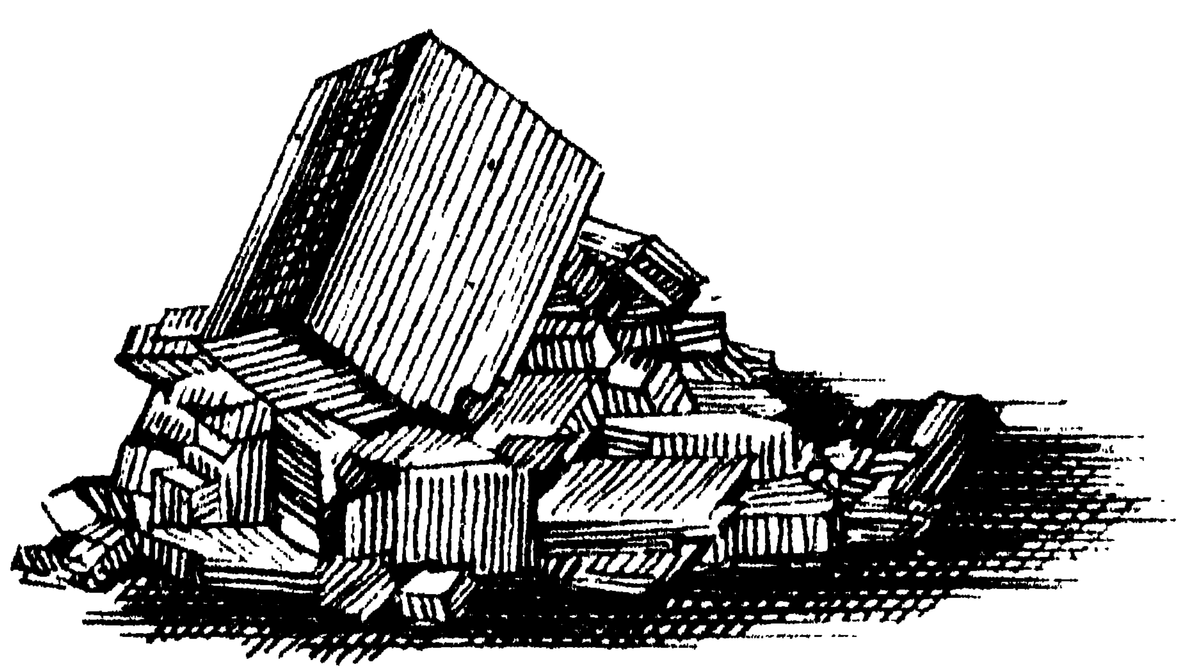
ચોમાસામાં જેમાં કાદવ ભળી ગયેલો હોય તેવું નદીનું પાણી લઇને એક પ્યાલામાં રહેવા દઇએ તો થોડીવારમાં ઠરી જશે અને ઉપર ચોખ્ખું પાણી રહેશે. એ પાણીને જરા કાળજીથી નિતારી લેવાથી ચોખ્ખું પાણી મળી શકે છે. આવી રીતે અદ્રાવ્ય વસ્તુને ઠરવા દઇ પાણી નિતારી લઇએ તેને નિતારણ (decantation) કહેવામાં આવે છે. પાણીમાં ભળેલો કોલસાનો ભુકો નિતારણ ક્રિયાથી છૂટો પાડી શકાય છે.

૧૧. કેલાસીભવન
Crystallisation

થોડું મીઠું પાણીમાં નાંખવાથી તે ઓગળી જશે, પરંતુ મીઠાંનું પ્રમાણ વધારતા જઇશું તો માલૂમ પડશે કે અમુક પ્રમાણથી વધુ મીઠું આપેલાં પાણીમાં ઓગળી શકતું નથી. પરંતુ જો પાણીને ગરમ કરીએ તો વધારે મીઠું ઓગળી શકે છે. એ પાણીને ઠંડુ પડવા દઇએ તો જે વધારાનું મીઠું

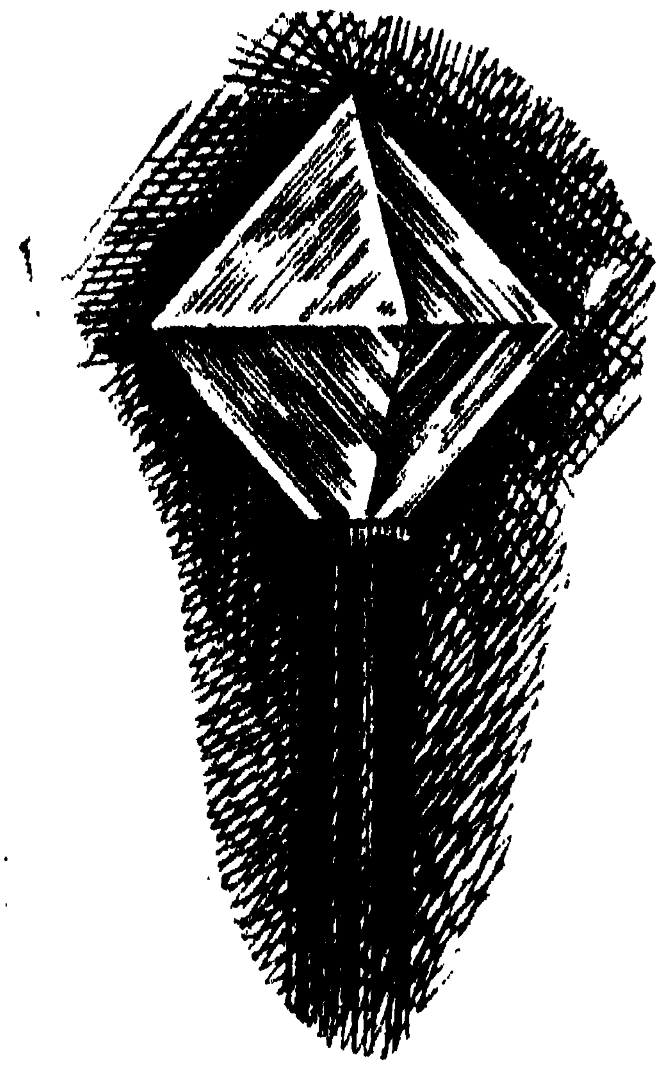
ઓગળેલું હતું તે પાણીમાં ઓગળેલું રહી શકશે નહિ. એટલે સ્ફટિક (crystal) રૂપે નીચે ઠરી જશે. આવી રીતે સ્ફટિક બંધાય તે ઘટનાને કેલાસીભવન (crystallisation) કહેવામાં આવે છે. જો આવાં પાણીનાં દ્રાવણને તાપમાં હલાવ્યા વિના ઊડી જવા દઇએ, તો પણ દ્રાવ્ય (solvent) વસ્તુના સ્ફટિક બંધાય છે. સ્ફટિક એટલે પાસાવાળા અને સપાટ બાજુવાળા મોટા કણો. એક વસ્તુના સ્ફટિક એક જ પ્રકારના હોય છે, પરંતુ કદમાં નાના મોટા હોઇ શકે છે. દ્રાવણવાળાં પાણીને બહુ જ ધીમે ઊડી જવા દઇ અથવા બહુ ધીમે ઠંડુ પડવા દઇને કેલાસીભવનની ક્રિયા કરવામાં આવે તો મોટા કેલાસ અથવા સ્ફટિક તૈયાર થાય છે. સ્ફટિક–જળને લઇને કેટલાક પદાર્થોના કેલાસો રંગવાળા હોય છે. તેવા રંગવાળા પદાર્થોમાંથી સ્ફટિકજળ કાઢી નાંખવામાં આવે તો તે ધોળા થઇ જાય છે. દાખલા તરીકે સ્ફટિક–જળવાળો કૉપર સલ્ફેટ ભૂરો (blue) હોય છે, પરંતુ સ્ફટિક–જળ વિનાના બન્ને કેલાસો ધોળા હોય છે. આ જાતના રંગો આપવાનો સ્ફટિક–જળનો વિશિષ્ટ ગુણ હોય છે.

આકૃતિ ૩.



ખાંડના કેલાસો

આકૃતિ ૪



આઠખૂણુ કેલાસ

એકથી વધારે ક્ષાર (salt) હોય તેવા પાણીના ગરમ દ્રાવણને ઠંડુ પડવા દઇ કેલાસીભવન થવા દેવાથી તે ક્ષારો છૂટા પાડી શકાય છે, કારણ કે જુદા જુદા ક્ષારો જુદા જુદા ટેમ્પરેચરે કેલાસીભૂત (cystallise) થાય છે. આ પ્રમાણે સુરોખાર અને મીઠું જુદાં પાડી શકાય છે. ઊકળતાં પાણીમાં સુરોખાર અને મીઠાંનું સમ્પૃક્ત દ્રાવણ બનાવી ઠંડુ પડવા દેવાથી, પ્રથમ સુરોખાર કેલાસીભૂત થશે. એમાંનું પાણી નિતારી લઇ એ પાણીને પાછું ઠંડુ પડવા દેવાથી મીઠું કેલાસીભૂત થશે. એજ પ્રમાણે ફટકડી (alum) અને મોરથુથુના (copper sulphate) ભેળને પણ જુદું પાડી શકાય છે, કારણ કે પાણીને ઠંડુ પાડતાં ફટકડી પહેલી કેલાસીભૂત થશે. ફટકડીના અથવા સુરોખારના તદ્દન ચોખ્ખા સ્ફટિક મેળવવા હોય તો પાણીને ખબ ગરમ કરી સમ્પૃક્ત દ્રાવણ બનાવી ઠંડુ પડવા દેવાથી ચોકખા સ્ફટિક મળે છે અને થોડા પ્રમાણમાં ભળેલા બીજા ક્ષાર પાણીમાં જેમના તેમજ રહી જાય છે.

પ્રયોગ (૭) :—મેલાં મીઠાંને પાણીમાં ઓગાળી તેનું સમ્પૃકત દ્રાવણ બનાવો; પછી એ પાણીનું ગાળણ (filtration) કરો એટલે કચરો અને બીજી અદ્રાવ્ય વસ્તુ ઉપર રહી જશે. એ દ્રાવણને છીછરા

વાસણમાં રાખી તડકામાં મૂકી પાણીને ઊડી જવા દો. અંતે મીઠાના ચોકખા સ્ફટિક રહી જશે; સ્ફટિક નહિ બનાવવા હોય તો વાસણને તાપ આપી વરાળ બનાવો. થોડા વખતમાં નીચે ચોખ્ખું દ્રવ્ય મળી આવશે.

આવી રીતે અનેક ક્ષારોનાં સ્ફટિક તૈયાર કરી શકાય છે. ખાંડ, મીઠું (sodium chloride), ફટકડી (alum), સુરોખાર (nitre), મોરથુથું (copper sulphate) વગેરે વસ્તુના સ્ફટિક સાધારણ રીતે જાણીતા છે.

મીઠાં (sodium chloride) અને પોટાસિયમ ક્લોરાઇડના સ્ફટિક ઘન આકારના હોય છે, સુરોખાર (nitre, potassium nitrate) ના સ્ફટિક સળી આકારના હોય છે અને ફટકડીના લંબ આઠ બાજુવાળા સ્ફટિક હોય છે.

૧૨. સ્ફટિક-જળ
Water of crystallisation

પ્રયોગ ૮ મો:—એક કશનળીમાં થોડાક ફટકડીના સ્ફટિક લો અને તેને ગરમ કરો. નળીના મુખ આગળ પાણીના બિંદુ બાઝે છે. કશનળીમાં રહેલી ફટકડીમાં કેવો ફેરફાર થશે ?

પ્રયોગમાં બતાવ્યા પ્રમાણે ફટકડીના સ્ફટિકને ગરમ કરીએ તો નળીના મુખ આગળ પાણીના બિંદુ ઝામેલાં માલૂમ પડશે. એ ઉપરથી લાગે છે કે સ્ફટિક બંધાય તેની સાથે થોડું પાણી પણ સ્ફટિકમાં બંધાઇ જાય છે. આ રીતે સ્ફટિકમાં રહેલું પાણી છૂટું નહિ હોતાં સ્ફટિકના બંધારણમાં જડાયેલું હોય છે; એટલે સ્ફટિકને અડકવાથી તે માલૂમ પડતું નથી, તેમ જ આંખે દેખી શકાતું નથી. આવી રીતે સ્ફટિકની રચનામાં ભાગ લેતાં પાણીને કેલાસીભવનનું જળ અથવા સ્ફટિક-જળ

(water of crystallisation) **કહેવામાં આવે છે. જુદા જુદા સ્ફટિકમાં વત્તાઓછા પ્રમાણમાં આ જળ રહેલું હોય છે.**

૧૩. જલાકર્ષક દ્રવ્યો Hygroscopic substances

પ્રયોગ (૮):–થોડા મીઠાંના કેલાસને એક કાચની રકાબીમાં ખૂલ્લા રાખી એકાદ બે દિવસ રહેવા દો. મીઠાંના ગાંગડામાં કંઇ ફેરફાર માલૂમ પડે છે? (૨) થોડો ફોસ્ફરસ પેન્ટૉક્સાઇડ નામનો ક્ષાર લો અને તેને એ કાચના વાસણમાં ખૂલ્લો રહેવા દો. થોડી વાર પછી તેને તપાસી જુઓ. એ ક્ષારમાં કંઇ ફેરફાર થયો છે કે? (૩) થોડાક કેલ્સિયમ ક્લોરાઇડને રકાબીમાં ખૂલ્લો રહેવા દો. એમાં શું ફેરફાર થાય છે.

ઉપરના પ્રયોગમાંથી માલૂમ પડશે કે કેટલાંક દ્રવ્યો એવાં હોય છે કે તે હવામાંથી પાણી શોષી લે છે અને તે પાણીમાં ઓગળીને તેનું દ્રાવણ બને છે. આનું કારણ એ હોય છે કે કેટલાક પદાર્થોના કેલાસોમાં જોઇએ તેના કરતાં ઓછું અથવા નહિ જેટલું જ પાણી રહેલું હોય છે. આવા પદાર્થો હવામાંથી ભેજ ખેંચી લે છે અને કેલાસીભવનમાં જરૂર પડતું જળ આપો-આપ ખેંચીને સંપૃક્ત બને છે. હવામાંથી આ રીતે પાણી ખેંચવાનો જે દ્રવ્યોમાં ગુણ હોય તેને જલાકર્ષક દ્રવ્યો (hygroscopic substances) કહેવામાં આવે છે. આવી વસ્તુનો ઉપયોગ બીજા ભેજવાળા પદાર્થોને તેમાંનું પાણી દૂર કરી ભેજહિન બનાવવામાં થાય છે. સોડિયમ સલ્ફેટ, પોટાસિયમ કાર્બોનેટ વગેરે પદાર્થો આવા ગુણ ધરાવે છે.

કેટલાક પદાર્થો પોતાને જરૂર પડતું જળ ખેંચવા ઉપરાંત વધુ આકર્ષે છે અને તેથી તે પાણીમાં ઓગળી જાય છે. આવા પદાર્થોને ભેજદ્રાવક પદાર્થો (delinquescent) કહેવામાં

આવે છે. કોઇપણ ભેજવાળો વાયુ અથવા પાણીના મિશ્રણવાળાં પ્રવાહીને ભેજહિન બનાવવા માટે આવા પદાર્થોનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. કૅલ્શિયમ ક્લોરાઇડ, ફૉસ્ફરસ પેન્ટૉક્સાઇડ વગેરે પદાર્થો આવા ગુણ માટે જાણીતા છે.

૧૪. નિસ્ત્રવતા
Efflorescence

પ્રયોગ (૧૦):–ધોવાના સોડાના સ્ફટિક લો. તેને હવામાં ખૂલ્લા રાખો. થોડી વાર પછી તેમાં શું ફેરફાર થયો તે નોંધો.

કેટલાક પદાર્થોનાં સ્ફટિકોને હવામાં ખૂલ્લા રાખવામાં આવે તો હવામાનના ટેમ્પરેચરે પણ થોડા વખતમાં તેઓ પોતાનું સ્ફટિક–જળ ગુમાવી દે છે. આવી રીતે, જે પદાર્થો પોતાનું સ્ફટિક–જળ ગુમાવે છે, તેઓને નિસ્ત્રવ પદાર્થો કહેવામાં આવે છે. દાખલા તરીકે ધોવાનો ક્ષાર (washing soda) કેલાસ રૂપ હોય છે પણ તેને હવામાં ખૂલ્લો રાખવામાં આવે તો તેનાં પર ધોળું પડ બાઝી જશે અને તે ભુકો થઇ જશે.

૧૫. બીજાં દ્રાવકો
Other solvents

સાધારણ રીતે પાણી એ સર્વશ્રેષ્ઠ દ્રાવક છે; કારણ કે ઘણીખરી વસ્તુ એમાં દ્રાવ્ય તરીકે વત્તાઓછા પ્રમાણમાં ઓગળી જાય છે. એ સિવાય પાણીમાં ન ઓગળે તેવા પદાર્થો બીજાં દ્રાવકોમાં ઓગળે છે. એવા દ્રાવકો (solvents) માં નીચેના મુખ્ય છે:– આલ્કૉહૉલ, કાર્બન ડાઇસલ્ફાઇડ, કેરોસિન, પટ્રોલ, બેન્ઝીન, ઇથર, ક્લોરોફૉર્મ વગેરે. આલ્કૉહૉલમાં લાખ અને કપુર (camphor) ઓગળે છે. બૅન્ઝિનમાં મીણ ઓગળે છે. સલ્ફર (ગંધક) પાણીમાં ઓગળતો નથી, પરંતુ આલ્કૉહૉલમાં સાધારણ ઓગળે છે અને. કારબૅન ડાઇસલ્ફાઇડમાં તુરતજ

ઓગળી જાય છે. નેપ્થેલીન (ડામરની ગોળી) પાણીમાં નહિ ઓગળે પરંતુ પેટ્રોલમાં ઓગળી જાય છે. રંગના અથવા એરંડિયા તેલના ડાઘા કપડાં ઉપર પડ્યા હોય તો પેટ્રોલ અથવા કેરોસિન તેલમાં કપડાને બોળવાથી તે ઓગળીને નીકળી જાય છે.

સાર

૧. પદાર્થમાં બે પ્રકારના ફેરફાર થાય છે. ભૌતિક અને રસાયણિક. ભૌતિક ફેરફારમાં આકાર, કદ, ઘનતા અગર સ્થિતિમાં ફેર પડે છે. રસાયણિક ફેરફારમાં વસ્તુનું સ્વરૂપ અને ગુણધર્મો બદલાય છે.

૨. ગાળણ વડે અદ્રાવ્ય કચરો દૂર કરવામાં આવે છે. નિતારણ વડે ઠરી જતો કચરો દૂર કરાય છે. નિસ્યંદન વડે પાણી વરાળ બનાવી તેને પાછી ઠારી શુદ્ધ પાણી મેળવવામાં આવે છે. પાણી સિવાય બીજાં પણ પેટ્રોલ, ઇથર, ક્લોરોફોર્મ જેવાં દ્રાવક હોય છે.

૩. પાણીની દ્રાવકતા ટેમ્પરેચર વધારવાથી વધે છે. સૌથી વધુમાં વધુ ક્ષાર હોય તે દ્રાવણને સમ્પૃક્ત દ્રાવણ કહેવામાં આવે છે. ઊંચા ટેમ્પરેચરના સમ્પૃક્ત દ્રાવણને ઠંડુ કરવામાં આવે તો વધારાની દ્રાવ્ય વસ્તુ નીચે ઠરે છે. તે કેલાસરૂપ (crystalline) હોય તો તેના કેલાસ બંધાય છે. કેલાસમાં થોડું પાણી રહેલું હોય તેને સ્ફટિક-જળ કહેવામાં આવે છે. કેલાસને ગરમ કરવાથી તે બહારની નીકળે છે.

૪. જે દ્રવ્યોને ખુલ્લાં રાખવાથી હવામાં ભેજ ચુસે છે તે જલાકર્ષક (hygroscopic) દ્રવ્યો કહેવામાં આવે છે. ભેજ ચુસીને તેમાં ઓગળી જાય તેને ભેજદ્રાવક (delinquescent) વસ્તુ કહેવામાં આવે છે. જે ભેજને વિમુક્ત કરે તેને નિસ્રવ (efflore-scent) વસ્તુ કહેવામાં આવે છે.

પ્રકરણ ૨

તત્ત્વ, સંયોજન અને મિશ્રણ

Element, Compound and Mixture

૧. તત્ત્વ અને સંયોજન Element and compound.

સૃષ્ટિમાં નજરે પડતા દરેક પદાર્થના આપણે સામાન્ય રીતે બે વિભાગ પાડી શકીએ. કેટલાક પદાર્થો બે અથવા વધારે તત્ત્વોનાં રસાણિક સંયોગથી બનેલા હોય છે તેમને સંયોજન (compound) કહેવામાં આવે છે; અને કેટલાક સાદા પદાર્થો જેને રસાયણિક અથવા સાધારણ ભૈાતિક બળ પડે પણ વધુ વિભક્ત કરી શકાતા નથી, તેને તત્ત્વ (element) કહેવામાં આવે છે. સૃષ્ટિમાં આવા ૯૨ સાદા પદાર્થ (તત્ત્વ) છે, જેનું વિભાજન (breaking up) કરતાં પણ પદાર્થ તેનો તેજ રહે છે અને તેના ગુણધર્મ (properties)માં ફેર પડતો નથી. સંયોજન (compound) એક અથવા વધારે તત્ત્વના રસાયણિક સંયોગથી ઉત્પન્ન થાય છે, અને સંયોજનનું પૃથક્કરણ કરતાં એનું પાછાં મૂળ તત્ત્વોમાં વિભાજન થઇ શકે છે; જ્યારે તત્ત્વનું ગમે એટલું વિભાજન કરીએ તો પણ તેના નાનામાં નાનાં કણના ગુણધર્મો પણ તત્ત્વના જેવાજ રહે છે. તત્ત્વોનાં ગુણધર્મો પ્રમાણે તેઓનું વિભાજન ધાતુ અને અધાતુ તત્ત્વોમાં કરવામાં આવ્યું છે.

હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન નામનાં બે તત્ત્વોનું સંયોજન તે પાણી (water). પહેલા દાખલા ઉપરથી જોઇ શકાય છે.

કે ધાતુ અને અધાતુ તત્ત્વોનું સંયોજન (compound) તે ખાવાનું મીઠું.

રસાયણિક સંયોજનમાં ભાગ લેતાં નાનામાં નાના એકમને અણુ (molecule) કહેવામાં આવે છે, જ્યારે તત્ત્વનાં નાનામાં નાના એકમને–ભાજકને–પરમાણુ કે ઘટક (atom) કહેવામાં આવે છે.

અધાતુ તત્ત્વોનાં પરમાણુઓ (atom) પોતે સંયોજીત થાય છે, ત્યારે તેઓનાં નાનાં ઘટકને (molecule) અણુ કહેવામાં આવે છે. દરેક અધાતુ તત્ત્વોનાં બે પરમાણુઓ સંયોજીત થાય છે, ત્યારે તેમાંથી તે અધાતુ સંયોજનનાં અણુઓ બને છે.

૨. તત્ત્વોના વિભાગ ધાતુ અને અધાતુ Metals and non-metals

આ સૃષ્ટિમાં લગભગ ૯૨ જાતના તત્ત્વો (elements) શોધાયાં છે. એ તત્ત્વોના ગુણધર્મો, રંગ, સ્થિતિ વગેરે ધ્યાનમાં લઇ તેમને બે મુખ્ય વિભાગમાં વહેંચી નાંખવામાં આવ્યા છે. એમાંના એક વિભાગને ધાતુ (metals) કહેવામાં આવે છે અને બીજાને અધાતુ (non-metals) કહેવામાં આવે છે. બન્નેના ગુણ ધર્મોની તૂલના નીચે કરી છે. એલ્યુમિનિયમ, તાંબુ, સોનું વગેરે ધાતુના દૃષ્ટાંત છે, અને કોલસો, ક્લોરિન, બ્રોમિન, આયોડિન, ઑક્સિજન વગેરે અધાતુના દૃષ્ટાંત છે. તત્ત્વોને પોતાના ગુણધર્મો પ્રમાણે નીચેનાં બે વિભાગોમાં વહેંચી નાંખવામાં આવ્યા છે.

તત્ત્વો

ધાતુ	અધાતુ
૧ એમને ટીપવાથી અથવા પૅાલીસ કરવાથી ચળકાટવાળી બનાવી શકાય છે.	૧ એમને ધાતુના જેવો ચળકાટ હોતો નથી. (આયોડિન, ગ્રેફાઇટ અને હિરો અધાતુ હોવા છતાં ચળકાટવાળો હોય છે.)
૨ એમને અફાળવાથી રણકારવાળો અવાજ આવે છે.	૨ એમાંથી રણકારવાળો અવાજ ઉત્પન્ન થતો નથી.
૩ સાધારણ હવામાનની ઉષ્ણતાએ એ નક્કર રહે છે (પારા સિવાય).	૩ એક બે અપવાદ સિવાય બધાં અધાતુ તત્ત્વો કાં તો પ્રવાહી અગર વાયુરૂપ છે.
૪ પ્રમાણમાં ભારે હોય છે (વિશિષ્ટ ઘનતા વધુ હોય છે).	૪ એ પ્રમાણમાં હલકા અને ઓછી વિશિષ્ટ ઘનતાવાળાં હોય છે.
૫ કઠ્ઠણ હોય છે. સોડિયમ, પોટાસિયમ અને સીસાં સિવાય).	૫ ઘણું ખરું પોચી હોય છે.
૬ ઉષ્ણતા અને વિદ્યુતની જલદ-વાહક હોય છે.	૬ કોલસા સિવાય બધી ઉષ્ણતા અને વિદ્યુતની મંદવાહક હોય છે.
૭ ધાતુ ટીપીને પતરાં બનાવી શકાય તેવી (ductile) હોય છે અને તેના તાર ખેંચી શકાય છે.	૭ એના તાર ખેંચી શકાતા નથી, તેમજ પતરાં પણ બની શકતાં નથી.

૩. દ્રવ્યના કણો
Particles of matter

કોઇ પણ પદાર્થને વિભાગતા જઇએ તો અંતે આપણને એક નાનામાં નાનો કણ એવો મળશે કે જેનું વધુ વિભાજન કરી શકાતું નથી અથવા જેનું વધુ વિભાજન કરતાં જે પદાર્થનો એ કણ બનેલો છે, તેના

ગુણધર્મોથી તે જુદો પડી જાય છે. એવા પદાર્થના નાનામાં નાના કણ જેનાં સમુહનો તે પદાર્થ બનેલો છે, તેને અણુ (molecule) કહેવામાં આવે છે. અણુનું વધુ વિભાજન કરતાં (જો એ સંયોજન 'compound' નો બનેલો હોય તો) જે મૂળ તત્ત્વનું એ સંયોજન બનેલું છે, તેના કણ રૂપે છૂટો પડશે. એ છૂટા પડેલા દરેક તત્ત્વના કણને પરમાણુ (atom) કહેવામાં આવે છે. પરમાણુ (atom) એટલે તત્ત્વનો નાનામાં નાનો અવિભાજ્ય (indivisible) કણ. એ કણના અને તત્ત્વના ગુણધર્મો એક સરખાજ રહે છે. દાખલા તરીકે પાણી હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન તત્ત્વોનું બનેલું છે. હાઇડ્રોજનના બે પરમાણુ અને ઑક્સિજનના એક પરમાણુનું રસાયણિક સંયોજન થવાથી પાણીનું એક અણુ (molecule) ઉત્પન્ન થાય છે. પાણીનો જથ્થો પાણીના અનેક નાનામાં નાના અણુનો બનેલો છે અને પાણીનું એક અણુ હાઇડ્રોજનના બે પરમાણુ અને ઑક્સિજનનું એક પરમાણુનું બનેલું છે. અણુ એટલે સંયોજન અથવા પદાર્થના ગુણ ધરાવતો નાનામાં નાનો કણ, અને પરમાણુ એટલે મૂળતત્ત્વોનો નાનામાં નાનો અવિભાજ્ય કણ. અણુ અને પરમાણુનો ભેદ સમજવા માટે બીજો સાદો દાખલો મીઠાં (sodium chloride)નો લઇએ. સોડિયમ અને અને ક્લોરિન નામના (અનુક્રમે ધાતુ અને અધાતુ) તત્ત્વોની રસાયણિક ક્રિયાથી બનેલુ સંયોજન તે સોડિયમ ક્લોરાઇડ (મીઠું). આ સંયોજનના ગુણધર્મો તેના ઘટકો (parts) થી તદ્દન જુદાજ છે. સોડિયમ ધાતુ પાણીમાં પડવાથી સળગી ઊઠે છે, જ્યારે ક્લોરિન ઝેરી વાયુ છે. એ બન્નેનું સંયોજન તે ખાવાનું મીઠું. મીઠાંના કણોનું વિભાજન

કરીએ તો પણ અમુક હદ સુધી તેના કણોના ગુણ તેના તેજ રહે છે. એ હદથી વધુ વિભાજન કરવા જઇએ તો મીઠાંના ગુણધર્મો કાયમ રહેશે નહિ. મીઠાના નાનામાં નાના જે કણના ગુણ તેના તેજ રહે છે, તેને મીઠાંનો અણુ (molecule) કહીએ છીએ. એ કણનું આથી વિશેષ વિભાજન કરીએ તો તેમાં મીઠાંના ગુણધર્મો રહેશે નહિ, પરંતુ એના બે ઘટકો છૂટા પડશે; એટલે કે મીઠાંના અણુમાંથી સોડિયમ અને ક્લોરિનના કણ છૂટા પડશે. આ તત્ત્વના કણને પરમાણુ કહીએ છીએ. આથી આપણે જાણી શકીએ છીએ કે મીઠાનો અણુ સોડિયમ અને ક્લોરિનના પરમાણુનો બનેલો છે. આજે દરેક તત્ત્વના પરમાણુને પણ બે ભાગમાં વિભક્ત કરવામાં આવે છે. દરેક તત્ત્વનો (element) પરમાણુ બે જાતના વિદ્યુત કણનો બનેલો છે. એક ભાગ ધનભારવાહી કણ (ધનકણ, proton કે positron) અને બીજો ઋણભારવાહી કણ (ઋણકણ, electron) નો બનેલો છે.

૪. સંયોજન અને મિશ્રણ
Compound and mixture

બે જુદી જુદી જાતના પદાર્થનો ભેળ કરીએ તો તેમાંથી બે જાતનો ભેળ થાય છે. એક ભેળને સાદુ મિશ્રણ કહેવામાં આવે છે. જ્યારે બીજાને સંયોજન કહેવામાં આવે છે. જેમાં બે પદાર્થના અણુ પોતાનો ગુણધર્મ ફેરફાર કર્યા વિના ભેળાઇને પાસપાસે પરંતુ સ્વતંત્ર રીતે રહે છે, તેને મિશ્રણ (mixture) કહેવામાં આવે છે; જ્યારે બે પદાર્થના અણુ ભેળાઇને એકમેકની સાથે એવી રીતે મિશ્ર થાય છે કે દરેક પદાર્થના અણુના મૂળ ગુણધર્મના ફેરફાર થઇ જાય અને ભેળથી બીજા પ્રકારનો

અને બીજી જાતના ગુણધર્મવાળો અણુ ઉત્પન્ન થાય ત્યારે તેને સંયોજન કહેવામાં આવે છે.

મિશ્રણ અને સંયોજન વચ્ચેના મહત્વના ફેરફાર નીચે દર્શાવ્યા છે.

(૧) મિશ્રણમાં એક અથવા બીજો પદાર્થ ગમે તે પ્રમાણમાં ભળેલો હોય છે, જ્યારે સંયોજનમાં પદાર્થો અમુક નિયત (fixed) પ્રમાણમાંજ ભાગ લે છે; (૨) મિશ્રણમાં જે જે પદાર્થ ભળેલા હોય તે દરેકના ગુણધર્મો કાયમ રહે છે; જ્યારે સંયોજનનાં ગુણધર્મો દરેક પદાર્થ ભળેલો હોય તેનાથી તદ્દન જુદા પડે છે; (૩) મિશ્રણમાં રહેલા પદાર્થો સાધારણ યાંત્રિક કે ભૌતિક કળ (mechanical or physical means) થી છૂટા પાડી શકાય છે; જ્યારે સંયોજનમાં રહેલાં પદાર્થને તેવી રીતે છૂટા પાડી શકાતા નથી; (૪) જ્યારે મિશ્રણમાં પદાર્થ ભળે છે ત્યારે ઉષ્ણતાના ફેરફાર થતા નથી, પરંતુ સંયોજનમાં પદાર્થ ભળે છે ત્યારે ઉષ્ણતાના ફેરફાર પણ થાય છે અને સાધારણ રીતે કદના ફેરફાર પણ થાય છે; અને (૫) મિશ્રણનું દ્રાવણ (solution) બનાવવામાં આવે ત્યારે દરેક પદાર્થ પોતપોતાના ગુણધર્મ પ્રમાણે વત્તાઓછા પ્રમાણમાં ઓગળે છે; જ્યારે સંયોજન આખા એકજ પદાર્થ રૂપે અમુક એકજ પ્રમાણમાં ઓગળે છે.

મિશ્રણના ઉદાહરણ:–રેતી અને ખાંડને ભેળીએ તો તે ગમે તે પ્રમાણમાં ભેળી શકાય છે અને એ બન્નેને છૂટાં પાડવા હોય તો પાણીમાં દ્રાવણ બનાવવાથી ખાંડ ઓગળી જશે અને રેતી અદ્રાવ્ય હોવાથી છૂટી પડશે. ખાંડના દ્રાવણનું બાષ્પીભવન કરવાથી પાછી ખાંડ પણ છૂટી પડશે. આથી રેતી અને ખાંડ એ મિશ્રણ છે. ગંધક અને લોખંડના ભુકાને ભેળીએ તો બન્નેનું મિશ્રણ થશે અને મિશ્રણનો રંગ પીળા અને

ભુખરા રંગની વચ્ચેનો દેખાશે. જો એ મિશ્રણ પાસે એકાદ લોહચુંબક લઇ જઇએ તો લોખંડનો વહેર આકર્ષાઇ આવી છૂટો પડશે અને ગંધક એમનો એમ રહેશે. પિત્તળ અને પોલાદ (brass and steel) પણ મિશ્રણ છે, કારણ કે પિત્તળમાં તાંબુ અને જસતના વત્તોઓછા પ્રમાણનો ભેળ હોય છે. પોલાદ એ લોખંડ અને કોલસાનો વત્તોઓછા પ્રમાણનો ભેળ છે. બંદુકનો દારૂ કોલસો, ગંધક અને નાઇટર નામના ત્રણ જુદા જુદા પદાર્થોનું મિશ્રણ છે. બંદુકના દારૂમાંથી ઉપર જણાવેલા ત્રણ પદાર્થો નિચેના પ્રયોગથી છૂટા પડશે.

પ્રયોગ (૧૧) :–એક કાચના પ્યાલામાં થોડું પાણી લો અને તેમાં થોડો બંદુકનો દારૂ નાંખી ખૂબ હલાવો. હલાવ્યા પછી પાણીને ગાળી નાંખો (filter). આ ગાળેલા પાણીને ભેગું કરી ધીમે ધીમે ગરમ કરી પાણીને ઉડાડી દો. એમાંથી નાઇટરના કેલાસો મળી આવશે.

શોષકપત્ર (filter paper) ઉપર જે ઘન અદ્રાવ્ય (insoluble) પદાર્થો રહ્યા હતા તેમાં થોડું કાર્બન ડાઇસલ્ફાઇડ નાંખીને હલાવો. એમાં ગંધક ઓગળી જશે. એ પ્રવાહીનું ફરીથી ગાળણ (filtration) કરો. ગાળેલા પ્રવાહીને ઊડી જવા દેવાથી ગંધક નીચે રહી જશે. શોષક-પત્ર ઉપર માત્ર કોલસો રહી જશે.

પ્રયોગ (૧૨) :–ગંધક અને લોખંડનું સાદું મિશ્રણ કરો. એ મિશ્રણ નજીક લોહચુંબક લાવો. લોખંડના કણો લોહચુંબક ઉપર આકર્ષાઇ આવશે, અને ગંધક છૂટો પડશે. અથવા એ મિશ્રણને પ્રયોગ (૧૧) માં બતાવ્યા પ્રમાણે કાર્બન ડાઇસલ્ફાઇડમાં નાંખી ગંધક અને લોખંડને છૂટાં પાડો.

એક કુલડી (crucible) માં ઉપરના મિશ્રણમાંથી થોડું નાંખી ખૂબ તપાવો. ઉપર કાળી ચોપડી બાઝી જશે. હવે નજીક લોહચુંબક લાવો તો કશું આકર્ષાઇ આવતું નથી અને કાર્બન ડાઇસલ્ફાઇડમાં કશું ઓગળતું પણ નથી. આ વખતે ગરમીથી રસાયણિક પ્રતિક્રિયા થઇ છે.

અને તેમાંથી લોખંડ અને ગંધકનું ફેરસ સલ્ફેટ (ferrus sulphate) નામનું સંયોજન બનવા પામ્યું છે.

સંયોજનના ઉદાહરણ:–કોલસાને બાળીએ એટલે કોલસો અને હવાના ઑક્સિજનનો રસાયણિક સંયોગ થાય છે અને પરિણામે નીપજતો પદાર્થ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ (carbon dioxide) કાર્બન (કોલસા) અને ઑક્સિજનથી તદ્દન વિશિષ્ટ પ્રકારનો હોય છે. એજ પ્રમાણે લોખંડ અને ગંધકનો ભેળ કરી ખૂબ ગરમ કરીએ તો એ મિશ્રણમાંથી સંયોજન ઉત્પન્ન થાય છે, અને અંતે નીપજેલા પદાર્થના ગુણધર્મો તદ્દન જુદાં જ પ્રકારના છે. જો ગંધકમાં કે લોખંડમાં ગંધકનો તેજાબ (sulphuric acid) નાંખીએ તો ખાસ નોંધવા જેવો વાયુ બહાર પડતો નથી, પરંતુ ઉપર પ્રમાણે તપાવેલા મિશ્રણમાં એ તેજાબ નાંખીએ તો એક જાતનો ખરાબ વાસવાળો વાયુ (જેને હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇડ hydrogen sulphide કહેવામાં આવે છે તે) બહાર પડે છે, અને એ વાયુમાં લેડ ઍસિટેટથી ભીંજવેલો કાગળ રાખીએ તો તે કાળો પડેલો માલમ પડે છે. એજ પ્રમાણે સાબુ, ચાક, મીણ, રેતી, વૉશીંગ સોડા, મીઠું, ખાંડ વગેરે પ્રત્યેક વસ્તુ સંયોજન છે, કારણ કે દરેકમાં જુદાં જુદાં તત્ત્વોનું પ્રમાણ એકસરખું જ રહે છે. સંયોજનના ગુણધર્મો અને તેના પ્રત્યેક તત્ત્વના ગુણધર્મોમાં ખાસ ફેરફાર પડે છે, અને એ સર્વને તૈયાર કરતી વખતે ઉષ્ણતાના ફેરફાર આવશ્યક છે.

૫. રસાયણિક ક્રિયા
Chemical action

આપણી પૃથ્વી તેની નજીકના દરેક પદાર્થોને આકર્ષી રહી છે. લોહચુંબક તેની નજીક મૂકેલા લોખંડનાં કણોને ખેંચે છે. તેવીજ રીતે પદાર્થોને રસાયણિક રીતે અમુક સંજોગોમાં એકમેકના સંપર્કમાં રાખવામાં આવે તો રસાયણિક ક્રિયા (chemical action) નજરે પડે છે. એ ક્રિયા વડે પદાર્થોની ઘટના (composition)માં ફરક પડે

છે. રસાયણિક ક્રિયા થયા પહેલાં અને પછી પદાર્થોના ગુણધર્મો અને ઘટનામાં વિશિષ્ટ ફરક નજરે પડે છે.

રસાયણિક ક્રિયાને સામાન્ય રીતે નીચે પ્રમાણે વહેંચી નાંખવામાં આવી છે. (૧) સંયોજન (combination) (૨) વિઘટન (decomposition) (૩) દ્વીવિઘટન (double decomposition)

(૧) લોખંડ + ગંધક = સલ્ફાઇડ ઓફ આયર્ન.
ગરમી આપવાથી

iron + sulpher = iron sulphide

(૨) ઑક્સાઇડ ઓફ મર્ક્યુરી = પારો + ઑક્સિજન
ગરમી આપવાથી

merecuric oxide = mercury + oxygen

(૩) હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ + કેલ્સિયમ કાર્બોનેટ
= કેલ્સિયમ ક્લોરાઇડ + કાર્બોનીક તેજાબ

hydrochloric acid + calcium carbonate
= calcium chloride + carbonic acid

૬. દ્રવ્ય સંચયનો સિદ્ધાંત જ્યાં રસાયણિક ક્રિયા થાય છે ત્યાં અરસપરસ પ્રતિક્રિયામાં ભાગ લેતાં તત્ત્વોનાં વજનમાં ઘટાડો થતો નથી. રસાયણિક ક્રિયા થાય તે પહેલાં તત્ત્વોનું વજન કરીએ અને રસાયણિક ક્રિયા પૂરી થાય ત્યાર પછી તત્ત્વોનું વજન કરીએ તો ત્યાં માલૂમ પડશે કે વજનનો ઘટાડો થતો નથી તેમ વધારો પણ થતો નથી. ધારો કે એક બંધ વાસણમાં ફૉસ્ફરસને બાળવામાં આવે અને ફૉસ્ફરસ અને હવાનું વજન પહેલાં જાણતા હોઇએ અને છેવટે ફૉસ્ફરસનો ઑક્સાઇડ

અને બાકી રહેલા નાઈટ્રોજનનું વજન કરીએ તો માલૂમ પડશે કે દ્રવ્યની આપ લે થાય છે, પરંતુ દ્રવ્યના વજનમાં ઘટાડો થતો નથી. એજ પ્રમાણે લોખંડના એક ટુકડાને કટાવા દઇએ તો પણ તેના વજનનો વધારો થયેલો માલૂમ પડશે; પરંતુ તેટલું વજન હવામાંથી ઘટયું છે, કારણ કે હવાનો ઑક્સિજન લોખંડની સાથે મળ્યો છે. આવી રીતે અનેક પદાર્થોની રસાયણિક ક્રિયા થાય તેમાં દ્રવ્યનું પહેલાનું કુલ વજન અને અને છેવટના ઉત્પન્ન થયેલા દ્રવ્યનું કુલ વજન એકમૂલ્ય (constant) રહે છે.

દાખલા તરીકે ૧૦૦ ભાગ કૅલ્સિયમ કાર્બોનેટને ગરમ કરવામાં આવે તો તેમાંથી ૫૬ ભાગ ચૂનો (કૅલ્શિયમ ઑક્સાઇડ) અને ૪૪ ભાગ કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ મળશે.

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$
$$(40+12+48) = (40+16) + (12+32)$$
$$100 = 56 + 44$$

તેમજ ચુના (CaO) જોડે પાણી ભેળવામાં આવે તો અમુકજ પ્રમાણમાં રસાયણિક ક્રિયા થાય છે.

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2$$
$$56 + 18 = 74$$

એટલે કે ૫૬ ભાગ ચુનામાં ૧૮ ભાગ પાણી રેડીએ તો ૭૪ ભાગ કૅલ્સિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ ('સ્લેઇક્ડ લાઇમ') થાય છે. જો એ ભીંજવેલા ચૂના (સ્લેઇક્ડ લાઇમ)ના ૭૪ ભાગને ગરમ કરવામાં આવે તો તેમાંથી ૧૮ ભાગ પાણી ચાલ્યું જાય અને ૫૬ ભાગ ચનો રહી જાય છે. ઉપલાં સમીકરણથી ઊલટી ક્રિયા થયેલી માલૂમ પડશે.

સાર

૧. જે વસ્તુને સૂક્ષ્મમાં સૂક્ષ્મ ભાગમાં વિભક્ત કરતાં પણ તેના ગુણધર્મમાં ફેર પડતો નથી તેને તત્ત્વ (element) કહેવામાં આવે છે. સંયોજન (compound) એક અથવા વધારે તત્ત્વના રસાયણિક સંયોગથી ઉત્પન્ન થયેલું હોય છે. એના સૂક્ષ્મમાં સૂક્ષ્મ અણુ વિભક્ત કરવામાં આવે તો અંતે તેના અણુનું વિભાજન થવાથી તત્ત્વના અણુ મળે છે. આ અણુના ગુણધર્મો સંયોજનના ગુણધર્મોથી જુદા હોય છે.

૨. બે દ્રવ્યને સેળભેળ કરવામાં આવે પરંતુ તે દરેકના સ્વતંત્ર ગુણધર્મો તેના તેજ રહે છે અને એ દરેક દ્રવ્યને ભૌતિક યુક્તિ વડે જુદાં પાડી શકાય તો તેને મિશ્રણ કહેવામાં આવે છે. સંયોજનમાં ભાગ લેતાં પ્રત્યેક દ્રવ્યના ગુણધર્મો કાયમ રહેતા નથી અને ભેગાં થયેલાં દ્રવ્યથી જુદાજ ગુણધર્મો પેદા થાય છે; સંયોજનને ભૌતિક યુક્તિ વડે તેના ઘટકોમાં વિભક્ત કરી શકાતું નથી.

૩. દરેક તત્ત્વને ધાતુ અને અધાતુ એવા બે વિભાગમાં વહેંચી નાંખવામાં આવેલાં છે. એ બેની વચ્ચેના ભેદને ફકરા (૨) માં બતાવ્યા છે. ધાતુની ખાસ ખાસિયત એ છે કે એ ચળકાટવાળી અને રણકાર કરે તેવી હોય છે.

૪. તત્ત્વના નાનામાં નાના કણને પરમાણુ (atom) કહેવામાં આવે છે. સ્વતંત્ર રીતે અસ્તિત્વ ધરાવે તેવો અને અને રસાયણિક ક્રિયામાં ભાગ લઇ શકે તેવા કણને અણુ (molecule) કહેવામાં આવે છે.

૫. દરેક રસાયણિક ક્રિયામાં જેટલું દ્રવ્ય ભાગ લે છે તેનું કુલ વજન અને રસાયણિક ક્રિયા પૂરી થતાં બીજું સંયોજન પેદા થાય તેનું કુલ વજન સરખું જ રહે છે. રસાયણિક ક્રિયાથી દ્રવ્યના જથ્થામાં વધઘટ થતી નથી.

રસાયણિક સંજ્ઞા, સમીકરણ અને સંયોજનનાં નિયમો

૧. રસાયણિક સંજ્ઞા
Chemical symbols

રસાયણિક નામો યાદ રાખવામાં સરળતા પડે, અમુક રસાયણમાં ક્યાં તત્ત્વ રહેલાં છે એ જાણવું હોય અને રસાયણિક ક્રિયા કેવી રીતે થાય છે તે સમજવા દરેક સંયોજનને રસાયણિક સંજ્ઞાથી દર્શાવવામાં આવે છે. ખાસ ઉપયોગમાં આવતાં તત્ત્વોની સંજ્ઞા પાછળના પાનામાં દર્શાવી છે. દરેક તત્ત્વ હાઇડ્રોજનના પરમાણુથી જેટલા પ્રમાણમાં ભારી હોય છે, તે ભારને પરમાણુભારાંક (atomic weight) કહેવામાં આવે છે અને એ પણ સાથે દર્શાવ્યા છે.

સંજ્ઞા (symbol) રસાયણિક નામો ગ્રીક નામો ઉપરથી લેવામાં આવ્યા છે. તત્ત્વોનો રંગ કે ગંધ ઉપરથી પણ અમુક સંજ્ઞા આપવામાં આવી છે. રસાયણશાસ્ત્રીઓએ સગવડતા અને ઝડપને માટે સંજ્ઞાઓની પ્રથા ગ્રહણ કરી છે. ઑક્સિજન, નાઇટ્રોજન, હાઇડ્રોજન, ક્લોરિન, સોડિયમ, પોટાસિયમ, કેલ્સિયમ વગેરે આખાં નામો લખવાને બદલે અનુક્રમે તેઓની સંજ્ઞા આ પ્રમાણે છે: O, N, H, Cl, Na, K, Ca. કેટલાંક તત્ત્વોમાં શબ્દોનો પહેલો અક્ષર લેવામાં આવે છે, કેટલાંકમાં જર્મન નામોનો પહેલો અક્ષર અગર પહેલો અને બીજો એમ બે અક્ષરો લીધા છે. Sodium ને બદલે Natrium= Na; Potassium ને બદલે Kalium (K); B = Boric; Ba= Barium ; Bi = Bismuth. etc. કેટલાંક લેટિન નામ ઉપરથી પણ સંજ્ઞા આપી છે. Fe = Ferum (iron) Cu = cuprum (copper) Hg = hydragyrum (mercury).

કોલસાને C વડે દર્શાવીએ છીએ અને ઑક્સિજનને O વડે દર્શાવીએ છીએ એટલે કોલસો આક્સિજનમાં બળે છે ત્યારે બન્નેના સંયોજનથી જે વાયુ ઉત્પન્ન થાય તેમાં કોલસો અને ઑક્સિજન હોય છે એમ આપણે જાણીએ છીએ. એ વાયુનું નામ કાર્બન ડાયોક્સાઇડ છે, અને એ વાયુને આપણે CO_2 થી દર્શાવી શકીએ છીએ અને બોલવામાં 'સીઓટુ' એમ ઉચ્ચારી શકાય છે. એનો અર્થ એ થયો કે કોલસા અને ઑક્સિજનનો સંયોગ થાય ત્યારે કોલસાનો એક ભાગ અને ઑક્સિજનના બે ભાગ ભેગા થાય છે. ડાયોક્સાઇડ એટલે બે ભાગના ઑક્સિજન વાળું સંયોજન. એજ પ્રમાણે સલ્ફર ડાયોક્સાઇડ SO_2 લખાય છે. ફૉસ્ફરસને બાળીએ ત્યારે ફૉસ્ફરસ પૅન્ટૉક્સાઇડ (P_2O_5, પીટુ ઓફાઇવ) ઉત્પન્ન થાય છે. એનો અર્થ એ થાય છે કે બે અણુ ફૉસ્ફરસના અને પાંચ અણુ ઑક્સિજનના મળી એ સંયોજન ઉત્પન્ન થાય છે.

પાણી હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનના જ્વલનથી ઉત્પન્ન થાય છે અને એને હાઇડ્રોજન ઑક્સાઇડ (H_2O) પણ કહી શકાય છે. ઉપરના (H_2O)નો અર્થ હવે સ્પષ્ટ થાય છે કે બે અણુ હાઇડ્રોજનના અને એક અણુ ઑક્સિજનનો મળી પાણીનો એક અણુ થાય છે.

સાધારણ વપરાશમાં આવતા કેટલાક પદાર્થના રસાયણિક સંજ્ઞાના નામો નીચે જણાવ્યા છે.

કૅલ્શિયમ ક્લોરાઇડ,	$CaCl_2$	મૅગ્નેસિયમ ઑક્સાઇડ,	MgO
કૅલ્શિયમ ઑક્સાઇડ, (ચુનો)	CaO	મૅન્ગેનિઝ ડાયૉક્સાઇડ,	MnO_2
કાર્બન મોનૉક્સાઇડ,	CO	મર્ક્યુરી ઑક્સાઇડ, (રાતો)	HgO
કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ,	CO_2	પોટાસિયમ ક્લોરાઇડ,	KCl

તત્ત્વનું નામ Name of the element		સંજ્ઞા Symbol	પરમાણુ ભારાંક atomic weight	તત્ત્વનું નામ Name of the element		સંજ્ઞા Symbol	પરમાણુ ભારાંક atomic weight
ઍલ્યુમિનિયમ	Aluminium	Al	૨૭	મૅગ્નેસિયમ	Magnesium	Mg	૨૪
ઍન્ટિમની	Antimony	Sb	૧૧૯	મૅન્ગેનિઝ	Manganese	Mn	૫૪
આર્ગન	Argon	A	૪૦	મર્ક્યુરી (પારો)	Mercury	Hg	૧૯૯
આર્સેનિક	Arsenic	As	૭૪	નાઇટ્રોજન	Nitrogen	N	૧૪
બેરિયમ	Barium	Ba	૧૩૬	ઑક્સિજન	Oxygen	O	૧૬
બ્રોમિન	Bromine	Br	૭૯	ફૉસ્ફરસ	Phosphorus	P	૩૧
કૅલ્શિયમ	Calcium	Ca	૪૦	પ્લૅટિનમ	Platinum	Pt	૧૯૪
કાર્બન (કોલસો)	Carbon	C	૧૨	પોટાસિયમ	Potassium	K	૩૯
ક્લોરિન	Chlorine	Cl	૩૫	સિલ્વર (રૂપું)	Silver	Ag	૧૦૭
કૉપર (તાંબુ)	Copper	Cu	૬૩	સિલિકન	Silicon	Si	૨૮
ગોલ્ડ (સોનું)	Gold	Au	૧૯૬	સોડિયમ	Sodium	Na	૨૩
હાઇડ્રોજન	Hydrogen	H	૧	સલ્ફર (ગંધક)	Sulphur	S	૩૨
આયર્ન (લોખંડ)	Iron	Fe	૫૫	ટિન (કલાઇ)	Tin	Sn	૧૧૮
લેડ (સીસું)	Lead	Pb	૨૦૫	ઝીંક (જસત)	Zinc	Zn	૬૫

ઉપર દર્શાવેલી તત્ત્વની સંજ્ઞા દરેક દેશમાં એક જ રાખેલી છે એટલે ગુજરાતીમાં પણ અંગ્રેજી બારાખડીના અક્ષરો વડે દરેક તત્ત્વ દર્શાવવું યોગ્ય થઇ પડશે. આ ઉપરથી હવે H લખીએ તો હાઇડ્રોજન વાયુ અને S લખીએ એટલે ગંધક (સલ્ફર) દર્શાવ્યો છે એમ સમજવું.

કૉપર ઑક્સાઇડ,	CuO	સોડિયમ ક્લોરાઇડ,	$NaCl$
હાઇડ્રોક્લોરીક ઍસિડ,	HCl	સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ,	SO_2
આયર્ન ક્લોરાઇડ,		ઍમોનિયમ ક્લોરાઇડ	NH_2Cl
(ફેરસ ક્લોરાઇડ),	$FeCl_2$		
(ફેરિક ક્લોરાઇડ)	$FeCl_3$		
કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ,	$CaCO_3$	સોડિયમ હાઇડ્રેટ અથવા સોડિયમ હાઇડ્રોક્સાઇડ	$NaOH$
કૅલ્શિયમ સલ્ફેટ	$CaSO_4$		
કૉપર સલ્ફેટ (મોરથુથુ)	$CuSO_4$	પોટાસિયમ હાઇડ્રોક્સાઇડ	KOH
નાઇટ્રિક ઍસિડ	HNO_3	મૅગ્નેસિયમ ,, ,,	$Mg(OH)_2$
સોડિયમ કાર્બોનેટ	Na_2CO_3	કૅલ્સિયમ ,, ,, (Lime water ચૂનાનું પાણી,	$Ca(OH)_2$
સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ	H_2SO_4		
સોડિયમ સલ્ફેટ	Na_2SO_4	પોટાસિયમ ક્લોરેટ	$KClO_3$
ઝીંક સલ્ફેટ	$ZnSO_4$	પોટાસિયમ નાઇટ્રેટ	KNO_3
સિલ્વર નાઇટ્રેટ	$AgNO_3$	ઍમોનિયમ હાઇડ્રોક્સાઇડ	NH_4OH
સિલ્વર ક્લોરાઇડ	$AgCl$	ઍમોનિયા વાયુ	NH_3

૨. અણુ અને પરમાણુ
Molecules and atoms

રસાયણિક ક્રિયામાં ભાગ લેવા માટે દરેક તત્ત્વનો નાનામાં નાનો પરમાણુ હંમેશાં કામ આવતો નથી અને એક પરમાણુ સ્વતંત્ર રીતે અસ્તિત્ત્વ ધરાવી શકતો નથી. દાખલા તરીકે હાઇડ્રોજન વાયુ એ એક તત્ત્વ છે. એનો નાનામાં નાના અણુનો પરમાણુભારાંક ૧ છે, છતાં વાયુમાં રહેલો નાનામાં નાનો ભાગ તે હંમેશાં એક પરમાણુ હોતો નથી, પરંતુ એકથી વિશેષ પરમાણુ એકત્ર થઇને એક અણુ તરીકે રહે છે. હાઇડ્રોજનના બે પરમાણુનો એક અણુ સ્વતંત્ર રીતે રહી શકે છે અને તે અણુજ રસાયણિક ક્રિયામાં ભાગ લે છે.

આ ઉપરથી આપણે પરમાણુ (atom) અને અણુ (molecule)ની વ્યાખ્યા નીચે પ્રમાણે આપી શકીએ છીએ. પરમાણુ એટલે મૂળ તત્ત્વના ગુણધર્મો જાળવી રાખતો નાનામાં નાનો કણ. અણુ એટલે તત્ત્વ અથવા સંયોજનના મૂળ ગુણધર્મ કાયમ રાખતો, અને સ્વતંત્ર રહી શકે અને સ્વતંત્ર રીતે રસાયણિક સંયોજનમાં ભાગ લઈ શકે તેવો નાનામાં નાનો કણ. એટલે સમીકરણમાં જ્યાં H_2 અથવા O_2 એમ લખવામાં આવે એનો અર્થ બે પરમાણુથી બનેલો એક સ્વતંત્ર અણુ એમ થાય છે. અને $2H_2$ અથવા $3H_2$ એનો અર્થ એ થાય છે કે H_2 થી બનેલા બે અથવા ત્રણ અણુ લેવામાં આવે છે.

૩. રસાયણિક સમીકરણ
Chemical equation

ઉપર દર્શાવેલી દરેક સંજ્ઞાનો ઉપયોગ રસાયણિક ક્રિયાને સરળતાથી સમજવા અને દરેક ક્રિયા પૂર્ણ થઇ શકે કે કેમ એ બતાવવા માટે ઉપયોગમાં આવે છે. એક દૃષ્ટાંતથી આ વસ્તુ સ્પષ્ટ સમજાશે.

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

ઝીંક + સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ = ઝીંક સલ્ફેટ + હાઇડ્રોજન

વજન ૬૫ + [(૨) + ૩૨ + ૪(૧૬)] = [૬૫+૩૨+૪(૧૬)] + ૨(૧)

૬૫ + ૯૮ = ૧૬૧ + ૨

ડાબી બાજુના કુલ તત્ત્વના પરમાણુ અને તેમનું વજન જમણી બાજુના ક્ષારના પરમાણુના કુલ વજન અને કુલ પરમાણુની સંખ્યાની બરાબર થાય છે. આ રીતે કોઇ પણ સમીકરણ રસાયણિક ફેરફારને સંપૂર્ણ રીતે બતાવે છે કે કેમ તે સમજવા ઉપરની પેઠે બન્ને બાજુના વજન અને પરમાણુની સંખ્યાનો સરવાળો કરી સરખાવી જોવો.

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + HO_2 + OC_2$$

કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ ચાક + હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ = કૅલ્શિયમ ક્લોરાઇડ + પાણી + કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ

ઉપરના સમીકરણમાં એક ભાગ હાઇડ્રોક્લોરીક ઍસિડનો હોય તો ઉપરનું સમીકરણ સંપૂર્ણ થતું નથી, પરંતુ એક ભાગ કૅલ્શિયમ ક્લોરાઇડ અને બે ભાગ હાઇડ્રોક્લોરીક ઍસિડ લેવાથીજ સમીકરણ પૂર્ણ થશે.

૫. દ્રવ્યસંચયનો કાયદો Law of conservation of mass

પરમાણુ અવિભક્ત અને અવિનાશી હોવાથી આપણી ખાતરી થાય છે કે કોઇ પણ રસાયણિક સંયોજનમાં ભાગ લેતાં તત્ત્વોના પરમાણુ નાશ પામતાં નથી પરંતુ જુદા પ્રકારના સંયોજનના અણુ રૂપે ફેરવાઇ જાય છે. આથી સંયોજનમાં ભાગ લેતાં તત્ત્વનું વજન અને એ ક્રિયાને પરિણામે ઉત્પન્ન થયેલા પદાર્થનું વજન સરખુંજ રહે છે. આ ઉપરથી દ્રવ્યના અવિનાશીપણાનો અથવા દ્રવ્યસંચયનો કાયદો નક્કી કરવામાં આવ્યો છે. દાખલા તરીકે કોલસાને બાળવામાં આવે તો કારબન ડાયૉક્સાઇડ ઉદ્‌ભવે છે. એટલે ૧૨ ભાગ વજનના કાર્બનનું ૩૨ વજન જેટલા ઑક્સિજન જોડે સંયોજન થાય છે.

$$C + O_2 = CO_2$$

કારબન + ઑક્સિજન = કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ

૧૨ + ૩૨ = ૪૪

સો ભાગ વજનનાં કેલ્સિયમ કાર્બોનેટને ગરમ કરી તેનું વિઘટન કરવામાં આવે અને તેનાં ઘટકોનું વજન એકઠું કરીએ તો તે સરખું માલૂમ પડશે.

કૅલ્સિયમ કાર્બોનેટ = કૅલ્સિયમ ઑક્સાઇડ + કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

$$૪૦+૧૨+૪૮ = ૫૬ + ૪૪$$

૬. નિયત પ્રમાણનો કાયદો
Law of definite proportion

એક સંયોજન અનેક નાના અણુના સમુહનું બનેલું હોય છે અને સંયોજનનું દરેક અણુ એક જ જાતના અને એકજ પ્રમાણમાં ભેગાં થયેલાં તત્ત્વોનું બનેલું હોય છે. આથી સંયોજનના પ્રત્યેક અણુની રચનામાં ભાગ લેતાં તત્ત્વોનું પ્રમાણ પણ હમેશાં નિયત (definite) જ રહે છે, અને તેથી આમાં ભાગ લેતાં તત્ત્વોનું પ્રમાણ પણ હમેશાં એક સરખુંજ રહે છે. કોઇ પણ બે તત્ત્વોનો રસાયણિક સંયોગ ગમે તેમ અથવા ગમે તે પ્રમાણમાં થતો નથી. તેથી વધારે તત્ત્વો રસાયણિક સંયોગમાં ભાગ લે છે, ત્યારે તે તત્ત્વો હમેશાં અમુક નિયત (fixed) પ્રમાણમાં જ ભાગ લે છે. ૪૮ ભાગ વજનના ઑક્સિજન જોડે સંયોજિત થઇને ૮૦ ભાગ વજનનું મૅગ્નેસિયમ ઑક્સાઇડ બને છે.

$$2\,Mg + O_2 = 2\,MgO$$

$$(2 \times 12) + (2 \times 16) = 2 \times (24 + 16)$$

$$48 + 32 = 80$$

કાર્બન અને ઑક્સિજનનું સંયોજન નીચેના બે પ્રમાણમાંજ થાય છે.

$$2C + 2\,O_2 = 2\,CO_2$$

કાર્બન + ઑક્સિજન = કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ

$$(2 \times 12) + (2 \times 32) = 2 \times (12 + 32)$$
$$(24 + 64) = 2 \times 44$$
$$88 = 88$$
$$2\,C + O_2 = 2\,CO$$

કાર્બન + ઑક્સિજન = કાર્બન મોનૉક્સાઇડ

$$2 \times 12 + 16 \times 2 = 2\,(12 + 16)$$
$$(24 + 32) = 2 \times 28$$
$$56 = 56$$

૭. ગુણક પ્રમાણનો કાયદો
Law of multiple proportion

નાઇટ્રોજન અને ઑક્સિજનનાં સંયોજન તપાસીએ તો આપણને તેમાંથી ચોક્કસ માલૂમ પડશે કે સરખા વજનમાં નાઇટ્રોજન સાથે સંયોજિત થયેલા ઑક્સિજનનાં વજનનું પ્રમાણ પૂર્ણાંક સંખ્યાથી દર્શાવી શકાય છે. નાઇટ્રોજનનાં પાંચ ઑક્સાઇડ આ રહ્યા.

૧. N_2O નાઇટ્રસ ઑક્સાઇડ.
૨. NO નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડ
૩. N_2O_3 નાઇટ્રોજન ઑક્સાઇડ
૪. N_2O_4 નાઇટ્રોજન પેરૉક્સાઇડ
૫. N_2O_5 નાઇટ્રોજન પેન્ટૉક્સાઇડ

એટલે નં. ૧ માં ૨૮ ભાગ વજનના નાઇટ્રોજન સાથે ૧૬ ભાગ વજનનો ઑક્સિજન અને નં. ૨ માં ૧૪ ભાગ વજનના નાઇટ્રોજન સાથે ૧૬ ભાગ વજનનો ઑક્સિજન (૨૮ સાથે ૩૨) સંયોજિત થશે. આ પ્રમાણે નં. ૩, ૪ અને ૫ માં ૨૮ ભાગ નાઇટ્રોજન સાથે અનુક્રમે ૪૮, ૬૪ અને ૮૦ ભાગ ઑક્સિજન

સંયોજિત થશે; એટલે કે સરખા વજનના નાઇટ્રોજન સાથે ઑક્સિજન સંયોજિત થવાનું પ્રમાણ અનુક્રમે ૧ : ૨ : ૩ : ૪ : ૫ નું છે. એજ પ્રમાણે ગંધકના અનેક ઑક્સાઇડો બને છે.

SO_2 સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ; SO_3 સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઈડ.

૩૨ ગ્રામ સલ્ફર સાથે અનુક્રમે ૩૨ અને ૮૮ ગ્રામ ઑક્સિજન સંયોજાશે (૨ : ૩).

CO કાર્બન મૉનૉક્સાઇડ; CO_2 કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ

૧૨ ગ્રામ કાર્બન સાથે અનુક્રમે ૧૬ અને ૩૨ ગ્રામ ઑક્સિજન સંયોજાશે (૧ : ૨).

આ કાયદાને ગુણક પ્રમાણનો કાયદો કહેવામાં આવે છે.

૯. અરસપરસ પ્રમાણનો કાયદો Law of reciprocal proportion

ત્રણ જુદાં જુદાં રસાયણિક તત્ત્વો લો. ધારો કે अ, ब અને क તત્ત્વો માંથી अ અને ब મળીને अब તથા अ અને क મળીને अक સંયોજનો થાય છે. એમાંથી ब અને क તત્ત્વોથી થતાં સંયોજન बक નું પ્રમાણ મળી આવે છે અને તે પ્રમાણ સરખું અગર પૂર્ણાંક સંખ્યા જેટલું હોય છે. દાખલા તરીકે કાર્બન, હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન તત્ત્વોમાંથી C અને H મળીને CH_4, methane C અને O મળીને CO_2, carbon dioxide બને છે. આ ઉપરથી સમજાય છે કે સરખા વજનના કાર્બન સાથે સંયોજિત થતા હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનનું પ્રમાણ ૨ : ૧ નું છે. આથી જ્યારે હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન ભળે ત્યારે તેના સંયોજનમાં (પાણીમાં) એ બન્નેનું પ્રમાણ ૨ : ૧ નું છે એમ સ્પષ્ટ સમજાય છે.

૯. ગે-લ્યુસેકનો વાયુ-સંયોજનનો નિયમ Gay-Lussac's law of gaseous combination

જ્યારે બે વાયુ રસાયણિક ક્રિયાથી સંયોજિત થાય છે, ત્યારે તેમના અરસપરસ કદનું પ્રમાણ નિયત હોય છે અને સંયોજનના વાયુનું પ્રમાણ સાદું હોય છે. એ અનુમાન ગે-લ્યુસેકે પાણીમાં ભાગ લેતાં હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન વાયુના કદના પ્રમાણ ઉપરથી કર્યું હતું. જો બે લિટર (૨૦૦૦ ઘ. સેમિ.) વાયુ અને એક લિટર ઑક્સિજન લઇને બન્નેને ભેગા કરીને સળગાવીએ તો ધડાકા સાથે તેમનું પાણી થઈ જશે અને પાણીની વરાળનું કદ બન્ને વાયુ કદના સરવાળા જેટલું, એટલે ત્રણ લિટર ન થતાં, માત્ર બે લિટર થશે. આ પ્રમાણ હંમેશાં એક સરખું રહે છે. જો પાણીનું વિદ્યુતપૃથક્કરણ (electrolysis) કરવામાં આવે તો તેમાંથી ઑક્સિજન અને હાઇડ્રોજન અમુક ચોક્કસ પ્રમાણમાંજ છૂટાં પડે છે—એટલે કે બે ભાગ હાઇડ્રોજન અને એક ભાગ ઑક્સિજન.

$$2\ H_2O = 2\ H_2 + O_2$$
$$2\ \text{Vol.} = 2\ \text{Vol.} + 1\ \text{Vol.}$$

હવે હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનને ગમે તે પ્રમાણમાં એકમેક જોડે ભેળીને તેમને સળગાવવામાં આવે તો તેમની રસાયણિક ક્રિયાથી અમુક ચોક્કસ પ્રમાણમાંજ તેનું પાણી ઉદ્ભવે છે. જો હાઇડ્રોજન બે ભાગ કરતાં વધુ હશે તો તેટલો ક્રિયામાં ભાગ લેશે નહિ અને જેમનો તેમજ રહેશે. ટુંકાણમાં હાઈડ્રોજન અને ઑક્સિજન અમુક નિયત પ્રમાણમાં સંયોજિત થાય છે અને તેથી વધારાનો વાયુ જેમને તેમ જ રહે છે.

એજ પ્રમાણે હાઇડ્રોજન અને ક્લોરિન ભેગાં કરીએ તો તેમના સંયોજનમાં બન્નેના એક સરખાં કદનો વાયુ સંયોજિત થશે અને પરિણામે ઉત્પન્ન થતા હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ વાયુનું કદ પણ એક વાયુના કદ જેટલું જ થશે.

$$H_2 \quad + \quad Cl_2 = 2\ HCl$$
$$1\ Vol. + 1\ Vol. = 2\ Vol.$$

નાઇટ્રોજન વાયુનો એક ભાગ અને હાઇડ્રોજન વાયુના ત્રણ ભાગમાંથી બે ભાગ કદનો ઍમોનિયા વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે.

$$N_2 \quad + \quad 3\ H_2 = 2\ NH_3$$
$$1\ Vol. + 3\ Vol. = 2\ Vol.$$

નાઇટ્રોજન વાયુ ઑક્સિજન સાથે અનેક પ્રમાણમાં સંયોજિત શકે છે, પરંતુ દરેક વાયુના પરસ્પર કદના પ્રમાણ ૧ : ૨, ૧ : ૧ અથવા ૨ : ૧ જેવાં હોય છે. જ્યારે જુદા જુદા વાયુઓ રસાયણિક ક્રિયાથી સંયોજાય છે, અગર બીજા એકાદ વાયુનું વિઘટન થાય છે, ત્યારે તે ક્રિયામાં ભાગ લેતા અગર ક્રિયાથી ઉદ્ભવતા વાયુઓનાં કદનું (volume) પ્રમાણ સાદી પૂર્ણાંક સંખ્યામાં જ રહેલું હોય છે એને ગે-લ્યુસેકનો કાયદો કહેવામાં આવે છે.

સાર

૧. રસાયણિક ક્રિયાને સરળતાથી સમજવા માટે દરેક તત્ત્વને સંજ્ઞા વડે ઓળખવામાં આવે છે. દા. ત. હાઇડ્રોજન–H, ઑક્સિજન–O.

૨. જુદા જુદા તત્ત્વના પરમાણુનો ભાર વત્તોઓછો હોય છે. એટલે હાઇડ્રોજનના પરમાણુનો ભાર ૧ લઇને તેની સાથે બીજા

પરમાણુના ભારને સરખાવવામાં આવે છે. એ ભારને પરમાણુ-ભારાંક (atomic weight) કહેવામાં આવે છે.

૩. સંયોજનમાં જુદાં જુદાં તત્ત્વોના કેટલા પ્રમાણમાં પરમાણુ ભાગ લે છે તે આંકડા વડે દર્શાવાય છે. દા. ત. પાણી = H_2O = બે ભાગ હાઇડ્રોજન અને એક ભાગ ઑક્સિજન.

૪. તત્ત્વનો નાનામાં નાનો કણ પરમાણુ (atom) (દા. ત. O) ઘણીવાર સ્વતંત્ર અસ્તિત્ત્વ ધરાવી શકતો નથી, પરંતુ બે પરમાણુથી બનેલો કણ અસ્તિત્ત્વ ધરાવી શકે છે (દા. ત. O_2). એને અણુ (molecule) કહેવામાં આવે છે. સંયોજનનો નાનામાં નાનો કણ પણ અણુ કહેવાય છે.

૫. જે પદાર્થો રસાયણિક-ક્રિયામાં ભાગ લે છે તેને તથા તેના પરિણામે જે પદાર્થ પેદા થાય તેને સંજ્ઞા વડે દર્શાવીએ તો તેનું સમીકરણ (equation) મળે છે.

૬. તત્ત્વોના સંયોજનો અમુક પ્રમાણમાં અને અમુક નિયમને આધારેજ થાય છે. એક તત્ત્વનું પ્રમાણ વધારે હોય અને તેની સાથે બીજું ઓછું તત્ત્વ ભેળીએ અને તેનું રસાયણિક સંયોગ થાય તો વધારાનું તત્ત્વ એમને એમજ રહે છે, અને અમુક પ્રમાણમાંજ તેમનો સંયોગ થાય છે. ગે-લ્યુસેકના કાયદા નિયત કદના પ્રમાણ સૂચવે છે. નિયત પ્રમાણનો કાયદો કયી સંખ્યામાં અણુ ભાગ લે છે તે સૂચવે છે. ગુણક પ્રમાણનો કાયદો એકથી વધારે પ્રમાણમાં બે વસ્તુનો સંયોગ કેવી રીતે થાય તે સૂચવે છે. વ્યુત્ક્રમ પ્રમાણનો કાયદો ઊલટા સુલટા પ્રમાણમાં જુદાં જુદાં તત્ત્વોનો કેમ સંયોગ થાય તે દર્શાવે છે.

પ્રકરણ ૪

જ્વલન અને કાટ

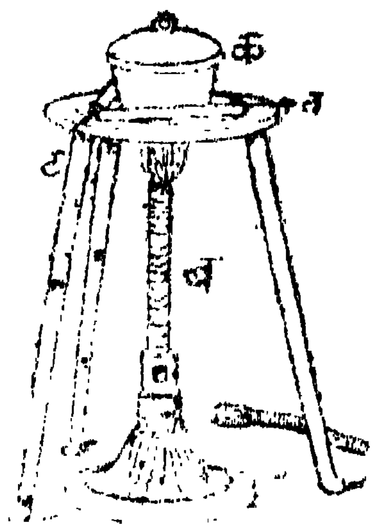
Burning and Rusting

૧. જ્વલન Burning ઘણીખરી વસ્તુને ગરમ કરતાં તે સળગીને બળવા લાગે છે. કાગળ, તેલ વગેરે ઘણી વસ્તુને હવામાં અમુક ટેમ્પરેચર સુધી ગરમ કરવામાં આવે તો તે બળવા લાગે છે અને પ્રકાશ આપે છે. બળતી વસ્તુના સ્વરૂપમાં રૂપાંતર થાય છે, અને બીજા પ્રકારનું સંયોજન ઉત્પન્ન થાય છે. મીણ, તેલ કે ગંધક જેવી વસ્તુ બળીને લગભગ અદૃષ્ય થાય છે. વસ્તુને બાળવાને માટે હવા આવશ્યક છે. જો બળતા સ્પિરિટના દીવાના ઢાંકણાંને ઉપરથી બંધ કરીએ તો દીવો તુરત હોલવાઇ જાય છે કારણ કે હવા મળતી બંધ થઇ જાય છે. આવી રીતે વસ્તુ હવામાં પ્રકાશ ઉત્પન્ન કરી બળે છે તેને જ્વલન (burning) અથવા ઑક્સિડેશન (oxidation) કહેવામાં આવે છે. ઑક્સિડેશન કહેવાનું કારણ એટલું જ કે બળવાને માટે હવામાં રહેલો ઑક્સિજન વાયુ તદ્દન આવશ્યક છે. જે હવામાંથી ઑક્સિજન જતો રહ્યો હોય તેમાં જ્વલન થતું નથી. એ નીચે દર્શાવેલા પ્રયોગથી માલૂમ પડશે.

૨. જ્વલન માટે હવા આવશ્યક છે પ્રયોગ ૧૩ :—એક કુલડી (crucible) માં લાકડાંના ટુકડા લઇ તેને રેતીથી ઢાંકી આકૃતિ (૫) માં બતાવ્યા પેઠે ખૂબ તપાવો. જ્યાં સુધી લાકડાંના ટુકડા રેતીથી ઢંકાયેલા હોય છે ત્યાં સુધી તે બળતા નથી. એ ટુકડાને ગરમ કુલડીમાંથી

એકાએક બહાર કાઢી હવામાં ઉઘાડા કરો. એ ટુકડા બળે છે કે નહિ તેની નોંધ કરો.

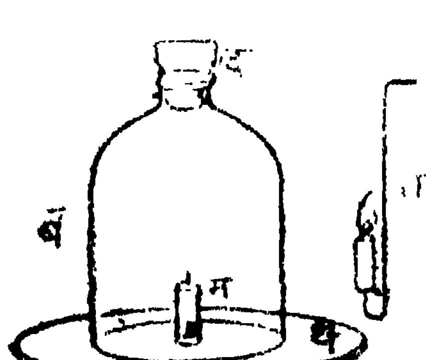
આકૃતિ ૫



જો રેતીથી ઢંકાયેલાં લાકડાંના ટુકડાને કુલડીને ઠંડી પાડ્યા પછી જ બહાર કાઢીએ તો માત્ર કાળા પડેલા માલમ પડશે અને બળશે નહિં. રેતીથી ઢંકાયેલા રહેવાથી હવા મળતી નથી એટલે લાકડું બળી શકતું નથી, પરંતુ ગરમ લાકડાંના ટુકડાને હવા મળે કે તુરત બળવા લાગે છે. લાકડું બળે છે ત્યારે એમાંથી ધૂમાડો નીકળે છે અને નીચે કેટલીક રાખ રહી જાય છે. જો વ્યાજબી રીતે બાળવામાં આવે તો લાકડું ધૂમાડો નીકળ્યા વિના બળશે અને માત્ર થોડી રાખ જ નીચે રહી જશે. જો લાકડાંનું બળ્યા પહેલાં વજન કરીએ અને પાછળ રહેલી રાખનું વજન કરીએ તો માલૂમ પડશે કે રાખનું વજન લાકડાં કરતાં ઘણું ઓછું હોય છે.

પ્રયોગ ૧૪ :—એક કાચની બરણીમાં થોડું ચૂનાનું નિતર્યું પાણી (lime-water) રાખીને અંદર એક બળતી મીણબત્તિ ઉતારો. જુઓ કે મીણબત્તિ થોડીવાર બળીને હોલાઇ જાય છે. અંદરના પાણીને શીશીમાં હલાવો. પાણી દૂધિયા રંગનું થાય છે. એજ પ્રમાણે કાગળ, તેલ, લાકડું વગેરે વસ્તુ બાળવામાં આવે તો પણ સર્વ થોડીવાર બળીને હોલવાઇ જશે અને અંદર રહેલા વાયુમાં ચૂનાનું પાણી હલાવવાથી દુધિયા રંગનું બનશે. હવે બાકી રહેલા વાયુમાં જો વાંકા તાર ઉપર મૂકેલી બીજી બળતી મીણબત્તિ દાખલ કરો તો તે બળી શકતી નથી અને તુરતજ હોલવાઇ જાય છે.

આકૃતિ ૬



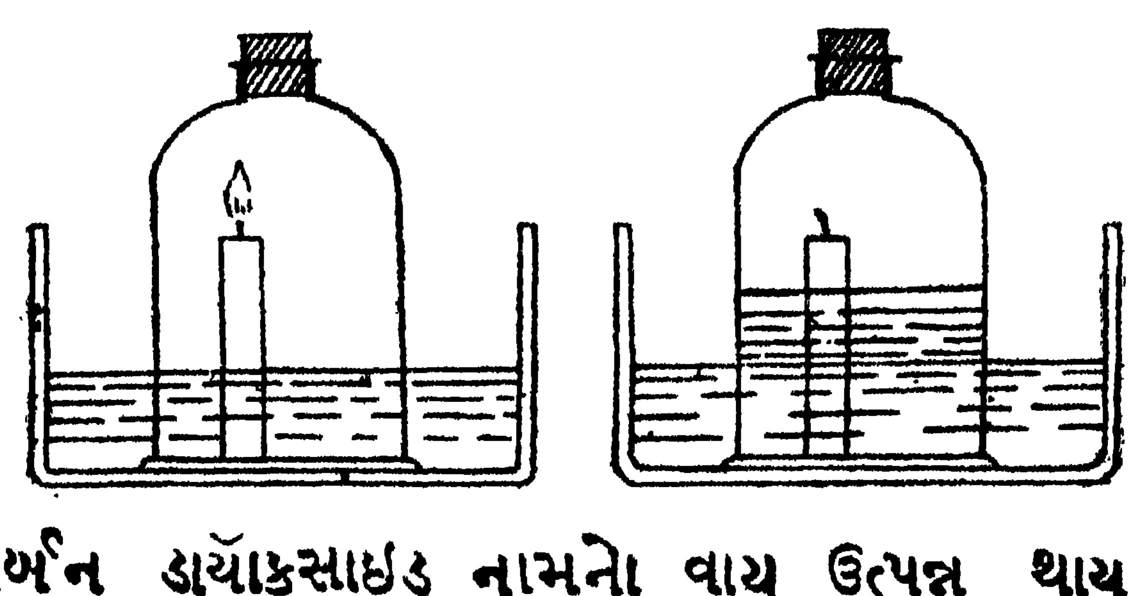
ઉપરના પ્રયોગથી ખાતરી થાય છે કે મીણબત્તિ બળી ગયા પછી બરણીની અંદર બાકી રહેલો વાયુ બહારની હવાથી જુદો છે. આ ઉપરથી પણ ચોક્કસ સમજાય છે કે બળવાને માટે હવા તદ્દન આવશ્યક છે.

૩. જ્વલનથી કેવો ફેરફાર થાય છે.

પ્રયોગ ૧૫:—આકૃતિ (૫)માં બતાવ્યા મુજબ એકાદ કાચના વાસણમાં મીણબત્તી સળગાવી અંદર થોડું પાણી રેડી ઉપર એક કાચની બરણી ઊંધી વાળો. એમાંથી મીણબત્તી ધીમે ધીમે હોલવાઇ જશે અને કાચની બરણીની ફરતે પાણીનાં ટીપાં બાઝશે. ખૂલ્લી મીણબત્તિ બળતી હોય તેની ઉપર પણ ઠંડુ કાચનું જામ ધરીએ તો પાણીના બિંદુ બાઝેલા માલૂમ પડે છે. આકૃતિ (૬) માં બતાવેલી બરણીમાં જ્યારે મીણબત્તિ પૂરેપૂરી બળી રહે ત્યારે અંદરના પાણીની સપાટી બહારના પાણીની સપાટીથી ઊંચી ચઢેલી માલૂમ પડે છે.

ઉપરના પ્રયોગોમાં મીણબત્તિ બળવામાં હવાનો જલદ (active) વાયુ ઑક્સિજન વપરાઇ જાય છે. અને બાકીનો શિથિલ (inactive) ભાગ જેમનો તેમ રહે છે. એની અંદર

આકૃતિ ૬



બીજો કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ નામનો વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. એ બરણીનો બૂચ ખોલી અંદર તાર વડે એક બળતી મીણબત્તિ ઉતારવામાં આવે તો તે તુરત હોલવાઇ જાય છે. એ બતાવે છે કે બાકી રહેલો વાયુ જ્વલનમાં મદદ કરતો નથી. આવી

રીતે બળવામાં વપરાયેલો વાયુ હવાનો એક પંચમાંશ ભાગનો હોય છે.

પ્રયોગ ૧૬ :–ઉપર પ્રમાણે ફૉસ્ફરસનો એક ટુકડો પાણીમાંથી કાળજી રાખી ચીપિયા વડે પકડી એક કુલડીમાં રાખો. અને સહેજ ગરમ સળિયો લગાડી સળગાવો. ફૉસ્ફરસ પુષ્કળ ધૂમાડો કાઢી બળવા લાગશે. એની ઉપર આકૃતિ (૫) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક બરણી ઊંધી વાળો. થોડી વારમાં ફૉસ્ફરસ બળતો બંધ થાય છે અને ધુમાડો દેખાતો બંધ થયા પછી બરણીમાં પાણી ઊંચે ચઢેલું માલૂમ પડે છે. બાકી રહેલી હવામાં બીજી કોઇ વસ્તુ બળી શકે કે નહિ તેની ખાતરી કરો.

ચોક્કસ માપ કાઢવાથી માલૂમ પડે છે કે હવાનો $\frac{1}{5}$ ભાગ જ્વલનમાં વપરાય છે. ફૉસ્ફરસને સળગાવ્યા વિના પણ જો હવામાં રાખવામાં આવે તો પણ એનું ધીમે ધીમે જ્વલન થાય છે. એકબે દિવસમાં માલૂમ પડશે કે બરણીમાંની હવાનો $\frac{1}{5}$ ભાગ ફૉસ્ફરસના ઘણાજ ધીમા જ્વલનમાં વપરાઈ ગયો છે, અને તેથી એ બાકી રહેલા વાયુમાં બીજી કોઇ વસ્તુ બળી શકતી નથી.

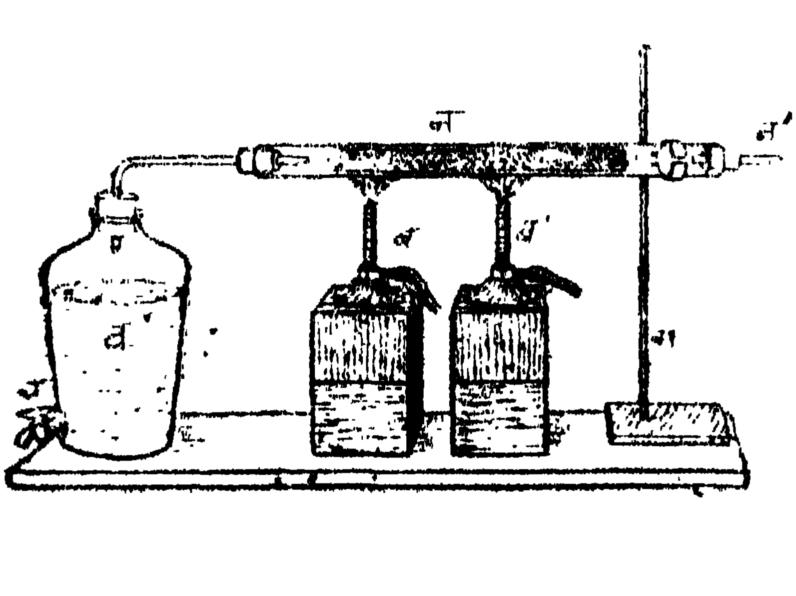
૪. ધાતુને હવામાં ગરમ કરવાનું પરિણામ

પ્રયોગ ૧૭ મો:–મૅગ્નેશિયમ (magnesium), લોખંડ અથવા તાંબાના ટુકડા લઇ આકૃતિ (૫) માં બતાવેલી કુલડીમાં ઢાંકીને વજન કર્યા પછી ખૂબ તપાવો. માલૂમ પડશે કે એનું જ્વલન થશે અને પરિણામે કુલડીમાં બીજી નવીન વસ્તુ માલૂમ પડે છે. કુલડીને સહેજ ખોલ્યા પછી વજન કરો. માલૂમ પડશે કે પહેલાનાં વજનમાં થોડો વધારો થયો છે.

ઉપર દર્શાવેલા પ્રયોગથી ખાતરી થાય છે કે હવાનો $\frac{1}{5}$ ભાગનો વાયુ જલદ છે. એ વાયુ તે ઑક્સિજન છે. ઑક્સિજન વિના જ્વલન અશક્ય છે.

વસ્તુના બળવાથી તેના વજનમાં વધારો થાય છે તેનું કારણ એ છે કે એ ધાતુને ગરમ કરવાથી તેનો હવામાંના ઑક્સિજન સાથે રસાયણિક સંયોગ થાય છે અને આપણે એમ કહી શકીએ કે જેમ લાકડું અથવા મીણબત્તિ બળે છે, તેમ ધાતુ પણ હવામાં બળે છે અથવા ધાતુનું જ્વલન થાય છે. આવા જ્વલનથી જે અવશેષ ઉત્પન્ન થાય છે તેને ધાતુનો ઑક્સાઇડ (oxide) કહેવામાં આવે છે. મૅગ્નેસિયમને બાળવાથી સફેદ ભુકો મળે છે, તેને મૅગ્નેસિયમ ઑક્સાઇડ કહેવામાં આવે છે. એજ પ્રમાણે લોખંડના જ્વલનથી લોખંડનો ઑક્સાઇડ, (iron oxide) અને તાંબાના જ્વલનથી તાંબાનો ઑક્સાઇડ, (copper oxide) ઉત્પન્ન થાય છે. અમુક આપેલી ધાતુને બાળવાથી જે ઑક્સાઇડ થાય છે તેનું વજન ધાતુના કરતાં વિશેષ થાય છે કારણ કે ધાતુ ઉપરાંત હવામાંનો ઑક્સિજન ભળવાથી વજન વધે છે. આવી રીતે ધાતુનો ઑક્સાઇડ થાય તે ઘટનાને ઑક્સિડેશન (oxidation) કહેવામાં આવે છે. ઑક્સિડેશન એટલે ઑક્સિજનના સાથે રસાયણિક સંયોગ થવો તે. એથી ઊલટું જ્યારે કોઇ સંયોજન (compound) માંથી અથવા ઑક્સાઇડમાંથી કોઈ પ્રકારે ઑક્સિજન કાઢી લેવામાં આવે તેને રિડક્શન (reduction) કહેવામાં આવે છે.

આકૃતિ ૭



પ્રયોગ ૧૮:–બતાવ્યા પ્રમાણે એક નળી ન માં લોખંડનો વહેર રાખી તપાવો અને વાસણ વ માંનું પાણી ચકલી વાટે બહાર નીકળવા દો. ન' વાટે દાખલ થતી હવા વ માં ભેગી કરો. એ વાસણમાંની હવામાં ઑક્સિજન છે કે નહિ તેની એક બળતી મીણબત્તિ ઉતારી ખાતરી કરો.

ઉપલા પ્રયોગમાં ભેગી રહેલી હવા તપાસવામાં આવે તો માલૂમ પડશે કે એ ભેગી થયેલી હવામાંથી ઑક્સિજન જતો રહ્યો છે અને એ હવામાં જ્વલન થતું નથી અને બળતી વસ્તુ તૂરત જ હોલવાઈ જાય છે. તાંબાનું વજન વધે છે અને કુલ પસાર કરેલી હવાનું વજન કરીએ તો માલૂમ પડશે કે હવાનું વજન જેટલું ઘટયું છે તેટલું જ તાંબાના વહેરનું વજન વધ્યું છે.

૫. ધાતુ કટાવાથી પણ જ્વલન અથવા ઑક્સિડેશન થાય છે

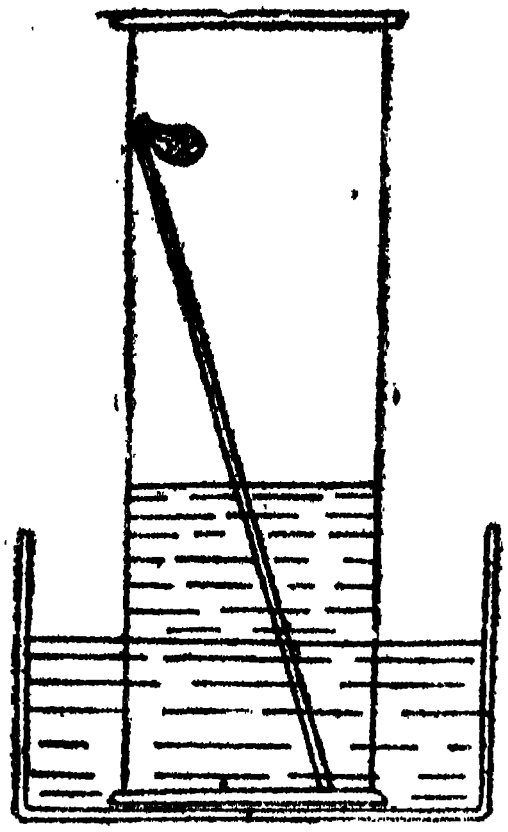
પ્રયોગ ૧૯ :— લોખંડના ભૂકાને વજન કરી સહેજ ભીંજવી એક ચલાણીમાં બેએક દિવસ રાખી મૂકો. લોખંડ કટાઇ જશે. હવે એમાં રહેલા ભેજને સહેજ ગરમી આપી ઉડાડી દો અને કટાયેલાં લોખંડનું વજન કરો.

પ્રયોગમાંથી માલૂમ પડશે કે લોખંડનું વજન વધ્યું છે. આનું કારણ પણ હવામાંના ઑક્સિજનનું જ છે. હવામાં લાંબો વખત રહેવાથી લોખંડ અને ઑક્સિજનનું સંયોજન થાય છે અને લોખંડને તપાવવાથી જેવો ઑક્સાઇડ થાય તેવોજ ઑક્સાઇડ ઉત્પન્ન થાય છે. એ જાતના કટાવાના પ્રકારને પણ ઑક્સિડેશન અથવા ધીમું જ્વલન કહેવામાં આવે છે.

કટાવાને લીધે પણ હવાનો $\frac{૧}{૫}$ ભાગનો ઑક્સિજન વપરાય છે. એ નીચેના પ્રયોગથી સાબિત થાય છે.

પ્રયોગ ૨૦ મો:—આકૃતિ (૮) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક પાણીના વાસણમાં એક કાચનું નળાકાર પાત્ર (cylinder) ઊંધું વાળી અંદર એક કાચના સળિયાને છેડે મખમલની કોથળીમાં લોખંડનો વહેર સહેજ ભેજવાળો બનાવી રાખી મૂકો. બે ત્રણ .દિવસ વિત્યા પછી જુઓ કે નળાકારમાં પાણી કેટલું ઊંચું ચઢેલું માલૂમ પડે છે.

આકૃતિ ૮



આનું કારણ એ છે કે લોખંડનો વહેર કટાઈ જવાથી નળાકારમાં રહેલી હવાનો ઑક્સિજન વપરાઈ જઇ લોખંડનો ઑક્સાઇડ બની ગયો, અને એ ઑક્સિજનની જગ્યા લેવા પાણી નળાકારમાં ઊંચું ચઢે છે. એ નળાકારમાંની બાકી રહેલી હવામાં જો બળતી મીણબત્તિ રાખીએ તો તે તુરત જ હોલવાઈ જશે. નળાકારમાં કુલ રહેલી હવાનો $\frac{1}{5}$ ભાગનો વાયુ ઑક્સિજન કટાવવામાં વપરાઇ જાય છે. લોખંડના વહેરનું શરૂઆતમાં વજન કરીએ અને કટાઇ ગયા પછી વજન કરીએ તો માલૂમ પડશે કે લોખંડના કાટ (rust) નું વજન વધારે થાય છે.

ઉપરના પ્રયોગથી ચોક્કસ સાબિત થાય છે કે ધાતુ કટાય છે, એ પણ એક પ્રકારનું ધીમું જ્વલન (અથવા આક્સિડેશન) છે. ફેર માત્ર એટલો કે કટાવાનો પ્રકાર બહુ ધીમો છે, જ્યારે જ્વલન અથવા બળવાથી થતું ઑક્સિડેશન બહુ ઝડપી હોય છે અને સાથે ઘણી ઉષ્ણતાનું ઉત્પાદન થાય છે.

ઉપર બતાવ્યા પ્રમાણે લોખંડની કોઇપણ વસ્તુને ભેજ લાગતાં કટાવા લાગે છે અને લોખંડનો ઑક્સાઇડ બને છે. લોખંડ અનેક ઉપયોગમાં આવે છે અને બીજી ધાતુ કરતાં પ્રમાણમાં ઘણું સસ્તું છે. આમ છતાં એના કટાવાના ગુણથી એના પતરાં ડબ્બા કે એવા ઉપયોગમાં એમને એમ વાપરી શકાતાં નથી. લોખંડના ડબ્બા બનાવવામાં વપરાતાં પતરાં ઉપર

કલાઇ અથવા જસતનો ઢોળ આપવામાં આવે છે. કલાઇ અને જસત ઓછું કટાય છે, એટલે એ પતરાં લાંબો વખત વાપરી શકાય છે.

૬. શ્વાસોચ્છ્વાસ પણ એક જાતનું દહન છે

ચોખ્ખી આક્સિજનવાળી હવા આપણા જ્યારે હૃદયમાં દાખલ થાય છે ત્યારે ભુરાશ પડતું નબળું લોહી શરીરના ભાગોમાંથી હૃદયમાં આવે છે; તેમાંના કાર્બન (કોલસા) અને હાઇડ્રોજનવાળાં તત્ત્વોવાળી અશુદ્ધતાનું હવામાંના ઑક્સિજન સાથે ધીમું જ્વલન થાય છે અને તેથી કોલસાનો ઑક્સાઇડ (કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ) અને હાઇડ્રોજનનો ઑક્સાઇડ (પાણી) બને છે. જો નિતર્યાં ચૂનાના પાણીમાં એકાદ નળી વાટે આપણે ફૂંક મારીએ તો તે પાણી દૂધિયા રંગનું થશે. કારણ કે કાર્બન ડાયૅકાસાઇડ શ્વાસોચ્છ્વાસમાં ભળેલો છે. જો કાચની ચોખ્ખી તકતી ઉપર ફૂંક મારીએ તો તેના ઉપર પાણીના ભેજના બિંદુ ઠરેલાં માલૂમ પડશે. આ બન્ને ઘટના ઉપરથી માલૂમ પડે છે કે શરીરમાં જ્વલન ક્રિયા અથવા ઑક્સિડેશન ચાલ્યા કરે છે અને હવામાંનો ઑક્સિજન વાયુ લોહીને સ્વચ્છ કરવામાં મદદ કરે છે. મીણબત્તિ બળે છે, ત્યારે પણ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને પાણી ઉત્પન્ન થાય છે એટલે મીણબત્તિનું જ્વલન અને શ્વાસોચ્છ્વાસનું પરિણામ એક જ આવે છે. લીલું લાકડું સળગાવીએ ત્યારે પણ અંદરથી પાણી, કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને ધૂમાડો નીકળે છે.

૭. દહનક્રિયા Combustion

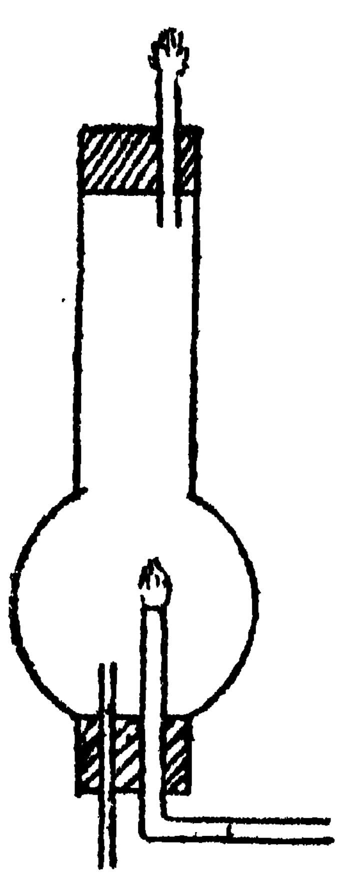
હવામાં વસ્તુ બળે તેને આપણે જ્વલન (burning) કહીએ છીએ, પરંતુ જ્યારે હવા સિવાય બીજા

પદાર્થોનું પ્રકાશ અને ઉષ્ણુતા સાથે રસાયણિક સંયોજન થાય છે તેને દહનક્રિયા (combustion) કહેવામાં આવે છે. જે વસ્તુ હવામાં બળી શકે એવી હોય તેને દાહક (combustible) વસ્તુ કહેવામાં આવે છે; અને હવા અથવા ઑક્સિજનને દહનક્રિયાના ઉત્તેજક (supporter of combustion) કહેવામાં આવે છે.

ગંધકને ખૂબ તપાવી અંદર તાંબાના એક બે બારીક ટુકડા નાંખીએ તો તે ગરમ થઇ થોડીવાર પ્રકાશ આપશે. આ ક્રિયાને પણ દહનક્રિયા કહેવાય છે.

પ્રયોગ ૨૧ મો:—આકૃતિ (૯) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક ચિમની લઇને નીચેની એક નળીમાંથી કોલગૅસ (બાળવાના કામમાં આવે તે) દાખલ કરી બીજી વાંકી નળી વાટે હવા દાખલ કરો. હવાની નળી ઉપર દિવાસળી સળગાવી ધરો તો તે નળી વાટે દાખલ થતી હવા કોલગૅસમાં બળવા લાગશે અને હવાની બળતી જ્યોત (flame) હવા દાખલ થાય તે નળી ઉપર ચીમનીની અંદર બળવા લાગે છે. એ જ ચિમનીને ઉપરથી બંધ કરી એક નળી બહાર લાવી ઉપર વળી સળગેલી દીવાસળી ધરીએ તો ત્યાં પણ એક જ્યોત ઉત્પન્ન થશે. એ જ્યોતમાં કોલગૅસ હવામાં બળે છે.

આકૃતિ ૯



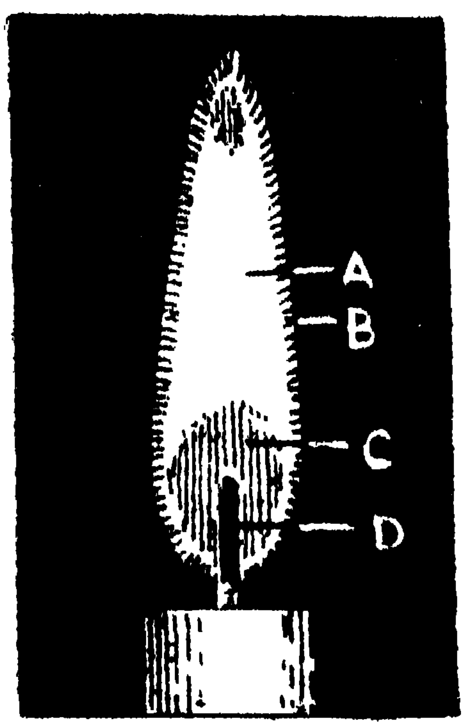
આ પ્રમાણે બે જ્યોત માલૂમ પડે છે. એક ચિમનીની અંદર કોલગૅસમાં બળતી હવાની જ્યોત અને બીજુ ચિમનીને મથાળે હવામાં બળતી કોલગૅસની જ્યોત. આમ અરસપરસ એક વસ્તુનું બીજી વસ્તુમાં જ્વલન થાય છે.

૮. મીણબત્તિની જ્યોત Candle flame

આકૃતિ (૧૦) માં મીણબત્તિની જ્યોત બતાવવામાં આપી છે. એ જ્યોતના ત્રણ વિભાગ પાડી શકાય છે.

(૧) અંદરનો કાળો અપ્રજ્વલિત ભાગ (dark zone of no combustion):—ઉપરના તાપે પીગળેલું મીણનું પ્રવાહી દિવેટ વાટે ઊંચે ચઢે અને ઉપરના તાપથી એ પ્રવાહીનો વાયુ બને છે. એ વાયુ પ્રથમ દિવેટની આસપાસના કાળા ભાગમાં

આકૃતિ ૧૦

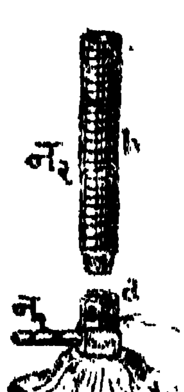


માત્ર ઉષ્ણ અને અપ્રજ્વલિત અવસ્થામાં હોય છે. એની અંદર એક કાચની નળીનો એક છેડો રાખી બીજે છેડે દીવાસળી લગાવીએ તો એમાંનો વાયુ કાચની નળીમાંથી પસાર થઇ બીજે છેડે સળગીને જ્યોત ઉત્પન્ન કરશે. (૨) મધ્યનો અર્ધપ્રજ્વલિત પ્રકાશિત ભાગઃ— નીચેના કાળા ભાગનો વાયુ ઊંચે ચઢી ઘણો ગરમ થાય છે. એટલે એ વાયુમાં રહેલા કોલસાના બારીક કણો ઘણા ઉષ્ણ થવાથી પ્રકાશિત બને છે. આ ભાગમાં પણ પૂર્ણ દહનક્રિયા (combustion) થતી નથી, અને જો એકાદ ઠંડી ચીજને એ ભાગમાં સહેજ વાર રાખીએ તો તેના ઉપર કોલસાની કાળી મેસ બાઝશે. (૩) બહારનો પૂર્ણ દહન થતો ભાગ (area of complete combustion):— વચ્ચેના પ્રકાશિત જ્યોતના ભાગની ફરતે લગભગ અપ્રકાશિત અથવા સાધારણ ભુરાશ પડતો કેટલોક ભાગ હોય છે, એમાં પ્રકાશિત ભાગમાં ઉષ્ણ થયેલા કોલસાના બારીક કણોનું પૂર્ણ દહન થાય છે. એ ભાગનું ટેમ્પરેચર પણ સૌથી વિશેષ હોય છે, એકાદ દીવાસળીની સળીને જ્યોતમાં સળગાવવી હોય તો એ બહારના ભાગમાં ધરવાથી જલદી સળગશે, વચ્ચેના ભાગમાં રાખવાથી મોડી સળગશે અને દિવેટની આસપાસના કાળા ભાગમાં તો દીવાસળીનો ગંધકવાળો છેડો પણ થોડીવાર સળગશે નહિ.

૯ બુન્શેન બર્નર અને બર્નરની જ્યોત
Bunsen burner and its flame

લગભગ દરેક પ્રયોગશાળામાં બુન્શેનનો બર્નર (Bunsen burner) કોઇપણ વસ્તુને ગરમ કરવા માટે વાપરવામાં આવે છે. જે શહેરમાં કોલગૅસ ઘરેઘરે આપવામાં આવતો હોય ત્યાં કોલસાની ભઠ્ઠી સળગાવતાં કોલગૅસના બર્નર રાખી ગરમી ઉત્પાદન કરવામાં આવે છે. એના મૂખ્ય ભાગમાં એક છૂટી પડી શકે એવી ચારથી પાંચ ઇંચ લાંબી નળી ન$_2$ છે. એ નળીને નીચેના સ્કૂમાં ફેરવી જોડવામાં આવે છે. એ સ્કૂવાળા ભાગની વચ્ચેથી એક બારીક નાકાં વાટે ગૅસને દાખલ કરે તેવી નળી છે. એ બારીક નાકામાંથી ન$_2$ વાટે આવતો ગૅસ જોરથી નળીમાં ઊંચે ચઢે છે. એ સ્કૂવાળા ભાગની નીચે થઈ સામસામી બે કાણાં ક રાખેલાં હોય છે. કોલગૅસ ઊંચે ચઢે તેની સાથે એ બન્ને કાણાંમાંથી પૂરતા પ્રમાણમાં હવા પણ ઊંચે ચઢે છે અને પોલી નળીમાંજ હવા અને કોલગૅસનું પૂરતા પ્રમાણમાં મિશ્રણ થાય છે.

આકૃતિ ૧૧

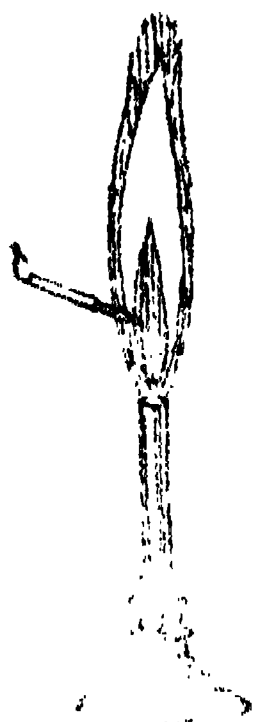


જ્યારે મિશ્રણ થયેલો વાયુ નળીને મથાળે નીકળે છે, ત્યારે એને દહન થવાને પૂરતો ઑક્સિજન ધરાવે છે એટલે દીવાસળીની જ્યોત અડતાંજ એ સળગી ઊઠે છે અને નળીને મથાળે લગભગ પ્રકાશ વિનાની ઘણીજ ઉષ્ણ જ્યોત ઉત્પન્ન થાય છે. જો એ બર્નરના જ્યાંથી હવા દાખલ થાય એ નીચેના કાણાં ક બંધ કરીએ તો પૂરતા પ્રમાણમાં ઑક્સિજન ન મળવાથી કોલગૅસમાં રહેલાં કોલસાના બારીક રજકણો ઉષ્ણ થઇ પ્રકાશિત બનશે અને મીણબત્તિની પેઠે માત્ર બહારના

અપ્રકાશિત ભાગમાંજ દહન ક્રિયા થશે. આ જ્યોતની રચના મીણબત્તિની જ્યોતના જેવીજ હોય છે. પ્રકાશિતપણું (luminocity)એ માત્ર ઉષ્ણ થયેલા કાર્બન કણોનેજ આભારી છે.

જ્યારે નીચેથી પૂરતા પ્રમાણમાં હવા દાખલ થતી હોય ત્યારે જે જ્યોત ઉત્પન્ન થાય છે તે આકૃતિ (૧૨) માં બતાવી છે. નળીને મથાળે પ્રથમ એક ભાગમાં અપ્રજ્વલિત વાયુનો એક ભાગ હોય છે. એ ભાગની ઉપર વચ્ચેનો ઝાંખો ભુરાશ પડતો ભાગ હોય છે. એમાં લગભગ સંપૂર્ણ દહનક્રિયા થઈ જાય છે. કેટલોક અર્ધપ્રજ્વલિત ભાગનો વાયુ વચ્ચેના ભાગમાં ન બળી ગયો હોય તે વચ્ચેની જ્યોતને સહેજ પ્રકાશિત બનાવે છે; પરંતુ એ વાયુ પણ ઘણો ગરમ થવાથી બહારના બિલકુલ અપ્રકાશિત ભાગમાં સંપૂર્ણ રીતે બળી જાય છે.

આકૃતિ ૧૨



પ્રાઈમસ સ્ટવમાં પણ આકૃતિ (૫૮) કેરોસિન તેલને હવાના દબાણથી ઊંચે ચઢાવવામાં આવે છે. એ તેલ ગરમ નળીમાં થઇને પસાર થાય છે, એટલે તેનો વાયુ બને છે. એ વાયુ ઉપરની બુન્શેન બર્નર જેવી કાણાં વાળી નળીમાંના એક બારીક નાકાં વાટે બહાર પડે છે એટલે એની પૂર્ણ દહનક્રિયા થાય છે. અને મેશ વગરની લગભગ અપ્રકાશિત બુન્શેન બર્નર જેવીજ જ્યોત બળવા લાગે છે.

[ડેવીના રક્ષક દિવા (Davy's safety lamp) માટે જુઓ પા. ૩૨૧]

સાર

૧. હવામાંના ઑક્સિજન સાથે ઘણીખરી વસ્તુનો સંયોગ થાય છે. કેટલાક સંયોગો ઘણી ગરમી પેદા કરે છે, જ્યારે કેટલાક ધીમાં

હોય છે. કોલસો બળે છે ત્યારે તેનું ઑક્સિજન સાથે સંયોજન થાય છે અને પુષ્કળ ઉષ્ણતા બહાર પડે છે. આ પ્રકારના ઑક્સિજન સાથેના સંયોગને જ્વલન (burning) કહેવામાં આવે છે.

૨. જ્વલન માટે હવા આવશ્યક છે. ફૉસ્ફરસને હવામાં ખુલ્લો રાખવાથી તેનું મંદ જ્વલન થાય છે. લોખંડને હવામાં ખુલ્લું રાખવાથી તે કટાય છે, એટલે કે તેનો ઑક્સિજન સાથે સંયોગ થાય છે. આ કાર્ય બહુ ધીમું હોવા છતાં તે પણ મંદ જ્વલનનો એક પ્રકાર છે. મેગ્નેસિયમ કે તાંબાને ગરમ કરવાથી તેમનું જ્વલન થાય છે અને તેથી તેમના ઑક્સાઇડ બને છે. લોખંડનો કાટ એટલે લોખંડનો જ્વલનથી થયેલો ઑક્સાઇડ.

૩. શ્વાસોચ્છ્વાસ એ પણ એક જાતનું જ્વલન છે. એમાં પણ ઉચ્છ્વાસમાં રહેલી અશુદ્ધિઓનું હવાના ઑક્સિજન સાથે મંદ જ્વલન થાય છે, અને તેમાંથી કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ ઉત્પન્ન થાય છે.

૪. હવા અથવા ઑક્સિજન સિવાય જે વસ્તુના સંયોગથી પ્રકાશ અને ઉષ્ણતા થાય તેને દહનક્રિયા કહેવામાં આવે છે દા. ત. ગંધક અને તાંબાનો સંયોગ.

૫. મીણબત્તિની જ્યોતમાં અપ્રકાશિત ભાગ સૌથી ઉષ્ણ હોય છે. એમાં પ્રકાશિત ભાગમાં પૂર્ણ જ્વલન થતું નથી. દિવેટની નજીક બિલકુલ જ્વલન થતું નથી. મીણબત્તિ બળવાથી પાણી અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ પેદા થાય છે. બૂન્સેન બર્નરની જ્યોતમાં પણ બર્નરના મૂખની નજીક અપ્રકાશિત ભાગમાં જ્વલન નથી થતું. એથી ઊંચે થોડું જ્વલન સાધારણ પ્રકાશિત ભાગમાં થાય છે અને પૂર્ણ જ્વલનવાળો ઊંચેનો ભાગ બિલકુલ અપ્રકાશિત હોય છે.

પ્રકરણ ૫

હવા અને પાણી

૧ હવાના મૂખ્ય વાયુ

આગલા પ્રકરણમાં જોઇ ગયા છીએ કે હવામાં બે જાતના વાયુ હોય છે. એક જલદ વાયુ, જેના વડે જ્વલન ક્રિયા ઉત્પન્ન થાય છે અને બીજો શિથિલ વાયુ જે તદ્દન અક્રિય (inactive) છે. જલદ વાયુ હવાના પાંચમાં ભાગનો છે અને તેને આપણે ઑક્સિજન કહીએ છીએ. બાકીનો ચાર ભાગનો વાયુ જે તદ્દન અક્રિય રહે છે તેને નાઇટ્રોજન કહેવામાં આવે છે. આગલા પ્રકરણમાં બતાવ્યા પ્રમાણે જો એક બંધ બરણીમાં ફૉસ્ફરસ બાળીએ અથવા લોખંડને કટાવા દઇએ તો હવામાંના જલદ વાયુ ઑક્સિજન ઉપયોગમાં આવી જાય છે અને એના કદના જેટલા ખાલી પડેલા ભાગમાં પાણી ઊંચે ચઢે છે. બરણીમાં દાખલ થયેલા વધારાના પાણીનું કદ એ ઑક્સિજનનું કદ છે. જો હવાના કદનું બરાબર માપ લઇ ઉપરનો પ્રયોગ કરીશું તો માલૂમ પડશે કે અક્રિય ભાગના નાઇટ્રોજન અને જલદ ઑક્સિજનના કદનું પ્રમાણ ૪ : ૧ નું હોય છે. હવામાં ઉપર દર્શાવેલા બે વાયુ મૂખ્ય છે, એ સિવાય હવામાં નાના પ્રમાણમાં પાણીનો ભેજ અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ રહેલો હોય છે. વળી ઘણા જ સૂક્ષ્મ પ્રમાણમાં નાઇટ્રોજન જેવા બીજા શિથિલ વાયુ અને થોડા પ્રમાણમાં હાઇડ્રોજન જેવો જલદ વાયુ પણ હોય છે. નાઇટ્રોજન વાયુ સાથે આર્ગન નામના વાયુનું પ્રમાણ ઘણું ઓછું છે અને તે ઉપરાંત નિયોન, ક્રિપ્ટન, ઝિનોન, હિલિયમ વાયુ પણ બહુજ થોડા પ્રમાણમાં ભળેલા છે. હાઇડ્રોજન અને હિલિયમ

વાયુ હલકા હોવાથી હવાના વાતાવરણનાં ઉપલાં પડમાં વિશેષ પ્રમાણમાં હોય છે. હવામાં થતી વિદ્યુતને લીધે ઑક્સિજનમાંથી ઑક્સિજનના ત્રણ પરમાણુના સંયોગથી ઉત્પન્ન થયેલો ઓઝોન નામનો વાયુ પણ થોડા પ્રમાણનાં ઉત્પન્ન થાય છે.

હાલમાં રહેલા જુદા જુદા મૂખ્ય વાયુનું પ્રમાણ નીચે દર્શાવ્યું છે.

	સેંકડે ટકા
નાઇટ્રોજન	૭૬.૯૫
ઑક્સિજન	૨૦.૬૬
ભેજ	૧.૪૦
આર્ગન	૦.૯૪
કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ	૦.૦૩૪

૨ હવામાં રહેલા નાઇટ્રોજન અને ઑક્સિજનના કદ અને વજનનું પ્રમાણ

આગલા પ્રકરણમાં બતાવ્યા પ્રમાણે લોખંડને કટાવા દઇએ તો હવામાં રહેલો ઑક્સિજન વપરાઇ જઇ તેની જગ્યાએ પાણી દાખલ થાય છે એટલે બાકી રહેલા વાયુનું કદ અને વપરાયલા વાયુનું કદ મળી આવશે.

વજનનું પ્રમાણ કાઢવું હોય તો આકૃતિ (૭) માં બતાવેલો પ્રયોગ કરવો પડશે. એક કાચના પાતળા વાસણ બ નું વજન અંદર હવા હોય ત્યારે અને એકાદ પંપ વડે હવા શોષી લીધા પછી કરવાથી હવાનું વજન મળી આવશે. એ વાસણને પાણીથી ભરીને એક કાચની નળીમાં વજન કરેલા તાંબાનો વહેર રાખેલો હોય તેની સાથે જોડવામાં આવે છે. એ તાંબાના ભુકાને એકાદ બર્નર વડે ખૂબ ગરમ રાખીને ધીમે ધીમે બહારની હવા એ નળીમાં થઇને કાચના વાસણ બમાં દાખલ કરવામાં આવે છે. હવાને વાસણમાં

ખેંચવા માટે ચકલી ચ ઉઘાડી પાણી નીકળી જવા દેવામાં આવે છે. હવામાંનો ઑક્સિજન તાંબાના ઑક્સિડેશનમાં એટલે કે તાંબાનો ઑક્સાઇડ (copper oxide) બનાવવામાં વપરાય છે. એ પછી કાચના વાસણનું અને તાંબાના ઑક્સાઇડ થયેલા વહેરનું ફરીથી વજન કરવામાં આવે છે. તાંબાના વહેરમાં વપરાયેલા ઑક્સિજનનું અને વાસણમાં ભેગા થયેલા નાઇટ્રોજનનું વજન કાઢવાથી માલૂમ પડશે કે ૧૦૦ ગ્રામ હવા હોય તેમાં ૨૫ ગ્રામ ઑક્સિજન હોય છે, અને લગભગ ૭૨ થી ૭૫ ટકા નાઇટ્રોજન હોય છે.

૩. હવા એ સંયોજન નથી, પરંતુ મિશ્રણ છે
Air is not a compound but a mixture

એક ભાગના કદના ઑક્સિજન અને ચાર ભાગના કદના નાઇટ્રોજનના ભેળની હવા બનેલી છે. એ બન્ને વાયુ માત્ર મિશ્રણ રૂપે જ રહેલા છે. અને એનો રસાયણિક સંયોગ થયેલો હોતો નથી, એટલે હવા એ રસાયણિક સંયોજન (compound) નથી, પરંતુ માત્ર મિશ્રણ છે. હવા મિશ્રણ છે અને રસાયણિક સંયોજન નથી એ નીચેની દલિલોથી પૂરવાર થઇ શકે છે: (૧) રસાયણિક સંયોજનમાં જે તત્વો ભાગ લે છે તેનું પ્રમાણ હંમેશાં એક સરખું (એકમૂલ્ય constant) રહે છે, (૨) જો ચાર ભાગનો નાઇટ્રોજન અને એક ભાગનો ઑક્સિજન લઇ મિશ્રણ બનાવીએ તો તેમાંથી ઉષ્ણતા અથવા કદના ફેરફાર થતા નથી અને એ મિશ્રણ હવાના જેવુંજ થાય છે; (૩) હવામાં ભળેલા બન્ને વાયુના ગુણધર્મોમાં કંઇ ફેરફાર પડતો નથી, કારણ કે હવા નાઇટ્રોજન અને ઑક્સિજનના જેવીજ પારદર્શક છે અને ઑક્સિજનની પેઠે

હવા પણ જ્વલનને મદદ કરે છે; (૪) જો હવાને પાણીમાં ઓગાળીએ તો પાણીમાં નાઇટ્રોજન કરતાં ઑક્સિજન વધુ ઓગળે છે; એટલે પાણીમાંની હવાને જો બહાર કાઢવામાં આવે તો તેમાં ચોથા ભાગને બદલે ત્રીજા ભાગનો ઑક્સિજન હોય છે; અને (૫) હવાને પ્રવાહી બનાવીએ અને પાછું બાષ્પીભવન થવા દઇએ તો નાઇટ્રોજનનો ભાગ જલદી ઊડી જાય છે અને ઑક્સિજન પાછળથી ઊડી જાય છે; જો હવા સંયોજન રૂપે હોય તો એમાં રહેલા બન્ને વાયુ એક સાથેજ ઊડી જાત.

૪. હવામાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ. માણસના અને પ્રાણીમાત્રના જીવન માટે ઑક્સિજન એ તદ્દન આવશ્યક વસ્તુ છે. શરીરના લોહીનો અસ્વચ્છ ભાગ કાર્બન અને હાઇડ્રોજન તત્ત્વોનો બનેલો હોય છે, એટલે હવાના ઑક્સિજન વડે એ બન્ને તત્ત્વોનું ઑક્સિડેશન (જ્વલન) થાય છે. એથી કાર્બનનો કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને હાઇડ્રોજનનો હાઇડ્રોજન ઑક્સાઇડ અથવા પાણી બને છે. આ રીતે દરેક પ્રાણીમાત્રના શ્વાસોચ્છ્વાસમાંથી કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનો ભાગ બહાર પડે છે, અને હવામાં કાયમ ભળ્યા કરે છે. હવામાં નાઇટ્રોજન ભળેલો હોવાથી ઑક્સિજનના જલદપણામાં કંઇક અંશે ઘટાડો છે, અને આપણા શરીરને માફકસર પ્રમાણમાં ઑક્સિજન મળી રહે છે.

હવામાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ ભળેલો હોય છે એ સહેલાઇથી પૂરવાર થઇ શકે છે. જો નિર્મળ ચૂનાનું પાણી એક છાછરી રકાબીમાં રાખી મૂકવામાં આવે તો તેની સપાટી ઉપર સફેદ

છારી (scum) બાઝે છે કારણ કે હવામાંના કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ નામનું અદ્રાવ્ય સંયોજન ઉત્પન્ન થાય છે. એજ પ્રમાણે આપણે એક નળી વાટે ચૂનાના પાણીમાં ફૂંક મારીએ તો પણ શ્વાસમાં રહેલા કાર્બન ડાયૉક્સાઇડમાંથી કેલ્શિયમ કાર્બોનેટ ઉત્પન્ન થાય છે.

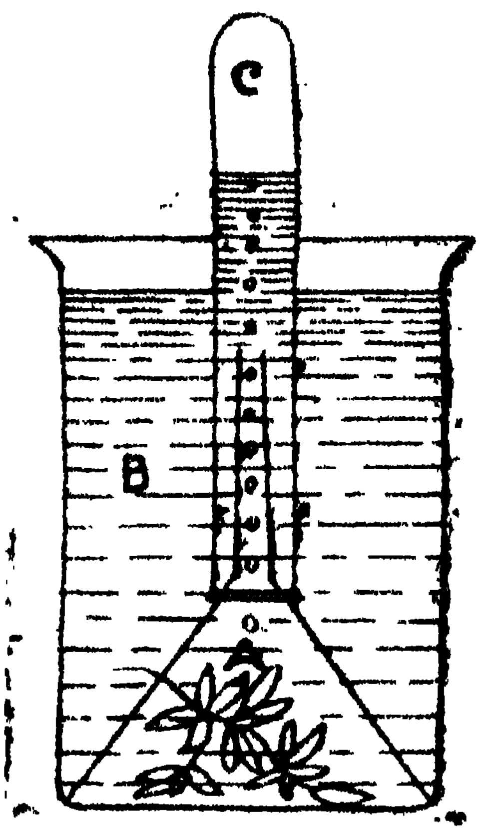
૫. ઝાડપાનના ઉપયોગમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ

ઝાડપાન હવામાંનો કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ શોષી લે છે અને પોતાને જરૂર પૂરતો કાર્બન (કોલસો) લઇને ઑક્સિજનનો ભાગ પાછો બહાર પાડે છે. સૂર્યના પ્રકાશ વડે આ ક્રિયા ઉત્પન્ન થાય છે. ઝાડપાનમાં ભળેલા કાર્બન (કોલસા)માંથી કાર્બોહાઇડ્રેટ્સ (કાર્બન ઑક્સિજન અને હાઇડ્રોજનનું સંયોજન) ઝાડના મૂળ વાટે મળતાં પાણીમાંથી મળી રહે છે. ઝાડના તંતુઓ સેલ્યુલોસ (cellulose) નામના કાર્બોહાઇડ્રેટ્ના બનેલાં છે, અને એ કાર્બન, હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનના સંયોગથી બને છે. આ સંયોજનમાં ક્લોરોફિલ નામનું લીલું રંગ આપનાર દ્રવ્ય મદદ કરે છે.

ઉપર દર્શાવેલાં તત્ત્વ સિવાય નાઇટ્રોજન પણ ઘણીખરી વનસ્પતિનુ મૂખ્ય અંગ છે. નાઇટ્રોજનને કાંતો હવામાંથી અથવા જમીનમાંના નાઇટ્રોજનના ક્ષારમાંથી વનસ્પતિ મેળવી લે છે. જો જમીનમાં લાંબો વખત વનસ્પતિ ઊગાડવામાં આવે તો નાઇટ્રોજનનું પ્રમાણ ઘટી જાય છે, એટલે તેવી જમીનમાં નાઇટ્રોજનના ક્ષારોનું બનાવટી ખાતર આપવું પડે છે.

આકૃતિ (૧૩) થાં વનસ્પતિ હવામાંથી કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ લે છે અને ઑક્સિજન બહાર પાડે છે એ દર્શાવતો પ્રયોગ બતાવેલો છે.

આકૃતિ ૧૩



પ્રયેાગ ૨૨ :—એક કાચના પ્યાલામાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ ભળેલેા હેાય તેવું પાણી (સેાડા વૅાટર) લઇ તેમાં પાણીમાં ઊગનાર લીલા છેાડની થેાડીક ડાંખરી રાખેા. એ છેાડની ઉપર કાચની ગરણી ઊંધી વાળેા અને ગરણીના નાળચાં ઉપર પાણીથી ભરેલી એક કશનળી (test-tube) ઊંધી વાળેા. આ પ્યાલાને સૂર્યના પ્રકાશમાં થેાડેા વખત રાખેા. લીલા છેાડ પાણીમાં રહેલા કાર્બન ડાયૉક્સાઇડને પાંદડાં વાટે અંદર ખેંચી લેશે અને તેમાં કાર્બન (કેાલસાનેા) ભાગ વાપરી નાંખી ઑક્સિજનનેા ભાગ બહાર કાઢી નાંખશે. ઑક્સિજનના બુદ્બુદ (bubbles) ધીમેધીમે કશનળીમાં ભેગા થતા જણાય છે અને થેાડી વારમાં સારેા સરખેા વાયુ તેમાં ભેગેા થાય છે. એક ધૂમાતું લાકડું દાખલ કરી જુએા કે શું પરિણામ આવે છે.

ઉપરના પ્રયેાગમાં કશનળીમાં ભેગેા થયેલેા વાયુ ઑક્સિજન છે એમ ખાતરી કરવા સાધારણ ધૂમાતા લાકડાના ટુકડાને જો કશનળીના વાયુમાં દાખલ કરવામાં આવે તેા એ ઝટ સળગી ઊઠી પ્રકાશિત બનશે.

સૂર્યના પ્રકાશની મદદથી લીલાં ઝાડપાન હવામાં રહેલાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડને શેાષી લે અને અંદરનેા કાર્બન લઈ ઑક્સિજનને બહાર પાડે છે. આ રીતે હવામાં પ્રાણીના શ્વાસેાચ્છ્વાસથી, અથવા લાકડાં કે કેાલસા બાળવાથી કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ ઉત્પન્ન થવાથી હવા અશુદ્ધ થાય છે, તેને વનસ્પતિ શુદ્ધ કરે છે. જો આવી રીતે વનસ્પતિ હવાને શુદ્ધ કરતી ન

હોત તો, હવામાં કાર્બન ડાયૉક્સાઈડનું પ્રમાણ વધ્યા જ કરતે અને હવા એટલી અશુદ્ધ થઈ જાત કે મનુષ્યનું જીવન અશક્ય થઈ પડત.

સાર

૧. હવામાં મૂખ્યત્વે ઑક્સિજન, નાઇટ્રોજન, પાણીનો ભેજ, કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને આર્ગન વાયુ રહેલા છે. એ સિવાય હાઇડ્રોજન અને હેલિયમ ઉપલાં વાતાવરણમાં છે. આર્ગનના જેવા અક્રિય વાયુ પણ સૂક્ષ્મ પ્રમાણમાં હોય છે. દા. ત. નિયોન, ક્રિપ્ટોન, ઝિનોન વગેરે. ઑક્સિજન અને નાઇટ્રોજનનાં કદનું પ્રમાણ આશરે ૨૧ : ૭૫ નું છે; અને વજનનું પ્રમાણ ૨૫ :૭૩ નું છે.

૨. હવા મિશ્રણ છે અને સંયોજન નથી કારણ કે એને વાયુનાં માત્ર મિશ્રણ વડે પેદા કરાય છે અને એમાં વાયુનું પ્રમાણ એક સરખું નથી. એ વાયુને સહેલાઇથી છૂટા પાડી શકાય છે.

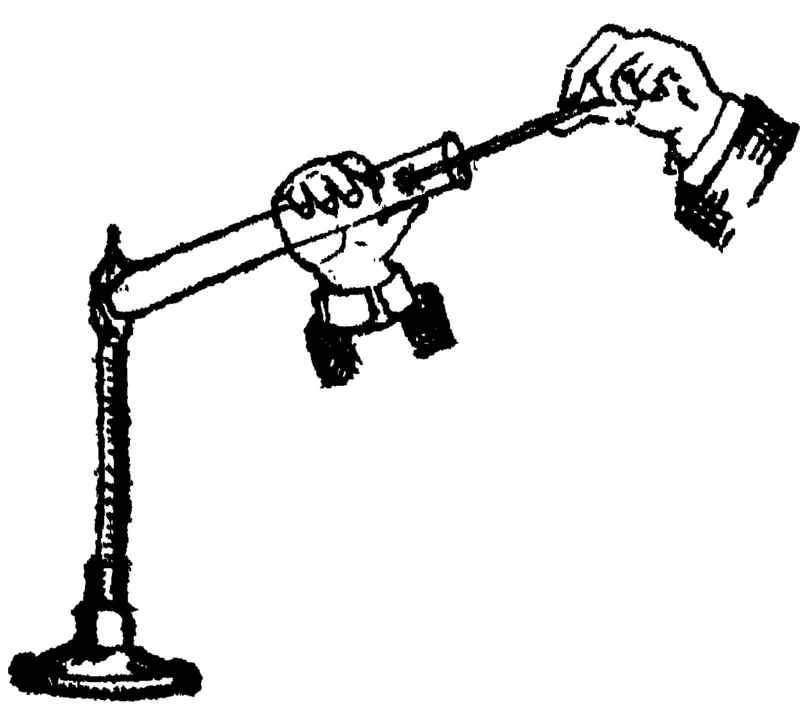
૩. શ્વાસોચ્છ્વાસ, વનસ્પતિ વગેરેના જ્વલનથી અને વનસ્પતિ જન્ય વસ્તુના સડવાથી હવામાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ પેદા થયા કરે છે. આમ છતાં વનસ્પતિ પાંદડાં વડે શ્વાસ લે તેમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુને શોષે છે અને ઑક્સિજનને હવામાં બહાર પડે છે.

પ્રકરણ ૬

ઑક્સિજન Oxygen

૧. ઑક્સિજન ઉત્પન્ન કરવાની સાદી રીત પ્રયેાગ (૨૩):–સીસાંના રાતા ક્ષાર (red lead) ને જો એક તાપ સહન કરે એવી કાચની કશનળી (ટેસ્ટ ટયુબ)માં તપાવેા. તેમાં ઑક્સિજન ઉત્પન્ન થાય છે. એ નળીમાં ધૂમાતેા અંગારેા અથવા લાકડું દાખલ કરેા. એ તુરતજ ભડકેા લઇ સળગી ઉઠે છે (આકૃતિ ૧૪).

આકૃતિ ૧૪



પ્રયેાગ (૨૪):–પારાનેા ઑક્સિાઇડ (mercury oxide) નામનેા રાતેા ક્ષાર જેને હિંગળેાક કહેવામાં આવે છે તેને પણ ઉપર પ્રમાણે ગરમ કરેા. તેમાંથી ઑક્સિજન વાયુ નીકળે છે. એ નળીમાં અંગારેા નાંખીએ તેા તે ઘણેા પ્રકાશિત બની જોરથી બળવા લાગે છે અને ધૂમાતુ લાકડું ભડકેા લઇ ઊઠે છે. એમાંથી પારેા છૂટેા પડીને નળીના ઉપલા ઠંડા ભાગ ઉપર ચેાંટી જાય છે.

ઊપર દર્શાવેલી બન્ને સાદી રીતમાં ધાતુ અને ઑક્સિજનના રસાયણિક સંયેાજનમાં ઉત્પન્ન થયેલા ક્ષારમાંથી પાછેા ઑક્સિજન છૂટેા પડે છે. સીસાંને ધીમે તાપે હવામાં બાળવામાં આવે તેા સીસાંનેા અને ઑક્સિજનનેા સંયેાગ થાય છે અને સીસાંનેા ઑક્સાઇડ (lead oxide) ઉદ્દભવે છે. એવા ઑક્સિજનના સંયેાગથી ઉત્પન્ન થયેલા દરેક ક્ષારને તે ધાતુ અથવા તત્ત્વનેા ઑક્સાઇડ કહેવામાં આવે છે. એજ

પ્રમાણે પારાને પણ લાંબો વખત તપાવીએ તો તેમાંથી પારાનો ઑક્સાઇડ (mercuric oxide) ઉત્પન્ન થાય છે. એ બન્ને ઑક્સાઇડને ખૂબ જોરથી તપાવવાથી પાછો ઑક્સિજનનો ભાગ પાછો છૂટો પડી જાય છે.

સાધારણ તાપે

સીસું + ઑક્સિજન ⇄ લેડ ઑક્સાઇડ

પુષ્કળ તાપે

Lead + Oxygen ⇄ lead oxide

$$Pb + O_2 \rightleftarrows Pb\,O_3$$

સીસાંના રાતા ઑક્સાઇડને તપાવવાથી થોડાં ઑક્સિજન-વાળો સીસાંનો પીળો ઑક્સાઇડ બને છે અને વધારાનો ઑક્સિજન છૂટો પડે છે.

પારાના ઑક્સાઇડ (હિંગળોક) ખૂબ તપાવીએ તો પારો અને આક્સિજન છૂટા પડે છે.

સાધારણ તાપે

પારો + ઑક્સિજન ⇄ મરક્યુરિક ઑક્સાઇડ

પુષ્કળ તાપે

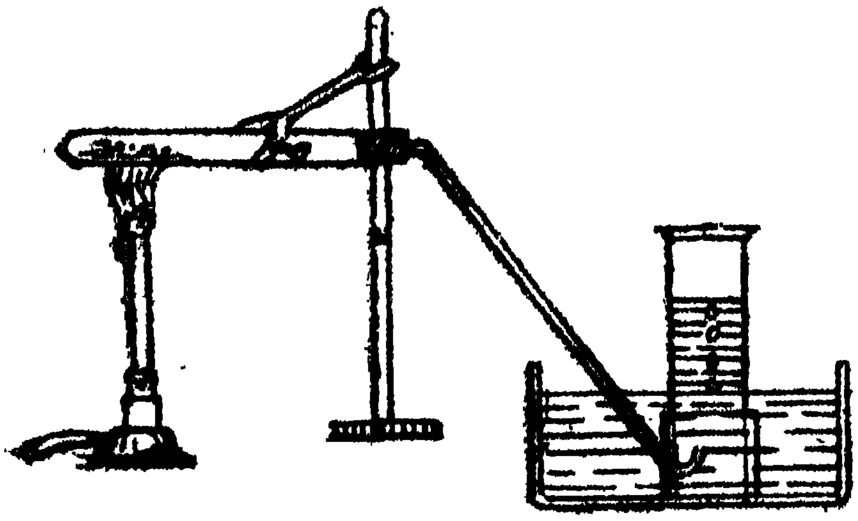
$$Hg_2 + O_2 \rightleftarrows 2HgO$$

ઉપર દર્શાવેલી રીતોથી ઑક્સિજન તયાર કરી શકાય છે પરંતુ પૂરતા પ્રમાણમાં ઑક્સિજન મેળવવો હોય તો તે નીચેની રીતેજ મળી શકશે.

૨. ઑક્સિજન તૈયાર કરવાનો પ્રયોગ

પ્રયોગ (૨૫):—એક સખત કાચની કશનળી (test tube) લો. તેમાં થોડો પોટાસિયમ ક્લોરેટ અને થોડોક મૅન્ગેનીઝ ડાયૉક્સાઇડ નાખો (આકૃતિ ૧૫). નળીને એક કાણાવાળા બૂચ વડે બંધ કરો. એ બૂચના કાણામાંથી

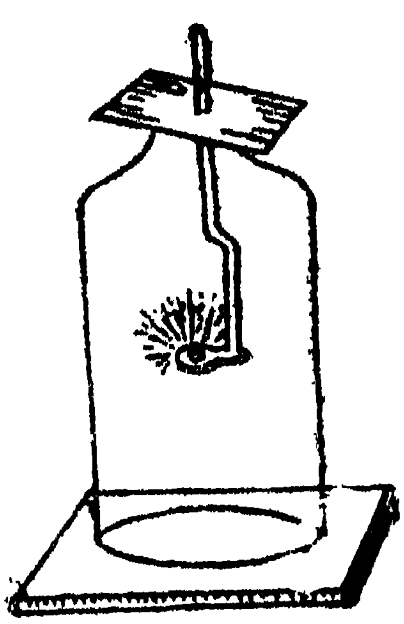
આકૃતિ ૧૫



એક વિમોચન નળી (delivery tube) પસાર કરો અને નળીનો બીજો છેડો એક વાયુ ભરવાની બરણી (bee-hive shelf)ની નીચેથી પસાર કરો. એ બરણીને એક કાચના પાણીથી ભરેલાં વાસણમાં મૂકો. એના ઉપર એક કાચનો નળાકાર ઊંધો વાળો. નળીને એક પકડ વડે જકડી ખૂબ તપાવો. આકૃતિ (૧૫) માં બતાવ્યા પ્રમાણે નળાકારનું પાણીનું સ્થળાંતર થાય છે અને તેમાં ઑક્સિજન વાયુ ભેગો થાય છે. એ રીતે બીજા ચારેક નળાકાર (cylinder) ભરી લો. હવે ઑક્સિજન વાયુના ગુણધર્મો નીચે પ્રમાણે તપાસો.

(૧) એનો રંગ, ગંધ અને સ્વાદ તપાસો.

આકૃતિ ૧૬



(૨) લિટ્મસના કાગળ ઉપર શું અસર થાય તે તપાસો.

(૩) એક ધૂમાતું લાકડું અંદર દાખલ કરો અને શું પરિણામ આવે છે તેની નોંધ કરો. આકૃતિ (૧૬) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક ઑક્સિજનથી ભરેલી બરણીમાં ફૉસ્ફરસનો ટુકડો એક પ્રજ્વલન પળી (deflagrating spoon) માં મૂકી ઉતારો. ફૉસ્ફરસ સળગી ઊઠે છે.

(૪) નિતર્યું ચૂનાનું પાણી નાંખી જુઓ કે કંઇ ફેરફાર થાય છે?

ઉપરના પ્રયોગમાં રસાયણિક ક્રિયા નીચે પ્રમાણે થાય છે. પોટાસિયમ ક્લોરેટને એકલો ગરમ કરીએ તોપણ ઑક્સિજન નીકળે છે, પરંતુ મેન્ગેનીઝ ડાયૉક્સાઇડ રાખવાથી ઑક્સિજન નીકળવાનું કાર્ય જલદ બને છે. આવી રીતે ખાસ રસાયણિક ક્રિયામાં ભાગ ન લઇ માત્ર તેને જલદ બનાવે

એવી વસ્તુને ઉદ્દિપક વસ્તુ (catalytic agent) અથવા યેાગવાહી વસ્તુ કહેવામાં આવે છે અને એ રસાયણિક ક્રિયાને જલદ બનાવવાના પ્રકારને ઉદ્દિપન (catalysis) કહેવામાં આવે છે; અને તે દ્રવ્યને ઉદ્દિપક (catalyst) કહેવામાં આવે છે.

ઑક્સિજન ઉત્પન્ન થવાનું કાર્ય નિચેના સમીકરણથી સમજાશે.

પેાટાસિયમ ક્લેારેટ = પેાટાસિયમ ક્લેારાઇડ + ઑક્સિજન.

$$2\ KClO_3 = 2\ KCl + 3\ O_2$$

૩. ઑક્સિજનના ગુણધર્મો Properties of Oxygen

(૧) ઑક્સિજન રંગ, ગંધ અને સ્વાદ વિનાનેા વાયુ છે. (૨) લિટ્મસના કાગળ ઉપર તેની અસર થતી નથી. એટલે તેનામાં ઍસિડીક (acidic) તેજાબના જેવા) અથવા એઝીક (આલ્કલી જેવા alkaly) ગુણ નથી. જે વસ્તુના તેજાબ (acid) ના જેવા ગુણ હેાય તેા તેમાં ભુરૂં લિટ્મસ કાગળ રાતું થાય છે અને જો બેઇઝ (base) જેવા ગુણ હેાય તેા તેમાં રાતું કાગળ ભુરૂં થાય છે. (૩) સાધારણ બળી શકે એવા પદાર્થો તેમાં બહુ જોરથી સળગી ઊઠે છે. ફૉસ્ફરસ અથવા ધૂમાતેા અંગારેા આકૃતિ (૧૬)માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક પ્રજ્વલન પળી (deflagrating spoon) માં રાખી ઑક્સિજન વાયુની બરણીમાં ઉતારીએ તેા એ બહુ તેજ આપી સળગી ઊઠે છે. (૪) ઑક્સિજનની ચૂનાના પાણી ઉપર અસર થતી નથી. (૫) ઑક્સિજન પાણીમાં થેાડા પ્રમાણમાં ઓગળે છે. (૬) ઑક્સિજનમાં ગરમ કરેલી ઘણી ખરી વસ્તુનેા રસાયણિક સંયેાગ થવાથી તે વસ્તુના ઑક્સાઇડ થાય છે. દાખલા

તરીકે કાર્બન, સલ્ફર, ફૉસ્ફરસ, મૅગ્નેસિયમ, લેાખંડ વગેરે ધાતુના ઑક્સિજન સાથેના સંયેાગમાંથી એ બધાનાં ઑકસાઇડ થાય છે. (૭) ઑક્સિજન ઉપર જ જીવંત પ્રાણીનેા આધાર છે. હવામાં નાઇટ્રોજન સાથે પ્રમાણુસર ભળેલેા ઑક્સિજન જીવન ટકાવે છે, આમ છતાં જો ઑક્સિજનનેા અતિરેક થાય તેા ઑક્સિડેશન અથવા લેાહીનું જ્વલન બહુ જલદી થવાથી મૃત્યુ થાય છે. પાણીમાં ઓગળેલા સૂક્ષ્મ પ્રમાણુના ઑક્સિજન વડે માછલીનાં જીવન ટકી રહે છે, પરંતુ જો એ માછલીને હવામાં પુષ્કળ પ્રમાણુમાં ઑક્સિજન મળે તેા માછલીનું ઑક્સિજનના અતિરેકથી મૃત્યુ થાય છે.

૪. ઑક્સિજનના ઉપયેાગ

(૧) ઑક્સિજન વિના જીવન સંભવિત નથી. (૨) પુષ્કળ ગરમી ઉત્પન્ન કરવી હેાય તેા ઑક્સિજન અને એસિટિલીનના ભેળની જ્યેાત વાપરવામાં આવે છે. એ જ્યેાત એટલી ઉષ્ણુ હેાય છે કે લેાખંડના પાટા પણુ સહેલાઇથી કાપી શકાય છે. (૩) ઑક્સિજન વડે સડતી વસ્તુનું ધીમે ધીમે જ્વલન થાય છે. (૪) માંદા માણુસેાનાં રેાગિષ્ટ શરીરમાં જરૂર પૂરતેા ઑકિસજન હવામાંથી ન મળે ત્યારે બનાવટી ઑક્સિજન વાપરવામાં આવે છે.

૫. ઑક્સાઇડ Oxides

ઑક્સાઇડ એટલે ઑક્સિજન સાથેની રસાયણિક ક્રિયાથી ઉત્પન્ન થએલું સંયેાજન (compound). ઘણા તત્ત્વેાને ઑક્સિજન અથવા હવામાં ઉષ્ણુ કરવામાં આવે અથવા બાળવામાં આવે તેા તેમના ઑક્સાઇડ બને છે. ઑક્સાઇડને ત્રણુ વિભાગમાં વહેંચી નાંખવામાં આવ્યા છે. ઘણુંખરૂં

અધાતુ તત્ત્વ (જેવા કે કાર્બન, સલ્ફર (ગંધક), ફૉસ્ફરસ વગેરેમાંથી ઍસિડ જેવા એટલે કે ઍસિડિક (acidic) ઑક્સાઇડ ઉત્પન્ન કરે છે; જ્યારે ધાતુ તત્ત્વના ઑક્સાઇડ જેવા કે લેાખંડ મેગ્નેસિયમ, ઝીંક (જસત)ના આલ્કલી જેવા એટલે બેઝીક ઑક્સાઇડ ઉત્પન્ન થાય છે. તાંબુ અને હાઇડ્રોજન શિથિલ (neutral) ઑક્સાઇડ ઉત્પન્ન કરે છે. હાઇડ્રોજનનેા ઑક્સાઈડિ એટલે પાણી).

ઍસિડિક ઑક્સાઈડિ ભુરાં લિટ્મસ કાગળને રાતું બનાવે છે, બૈઝિક ઑક્સાઇડ રાતાં લિટ્મસને ભુરૂં બનાવે છે અને શિથિલ ઑક્સાઈડિ લિટ્મસના રંગમાં ફેર કરી શકતું નથી.

કેાલસાને ઑક્સિજનમાં બાળવાથી કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ (એક ભાગ કેાલસેા અને બે ભાગ ઑક્સિજનનેા બનેલેા) વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. વાયુમાં જ્વલન થતું નથી અને એમાં જો કેાઇ જીવંત વસ્તુ રાખવામાં આવે તેા તે મરી જાય છે. એ વાયુ હવાથી ભારી હેાય છે, એટલે એકમાંથી બીજાં વાસણમાં રેડી શકાય છે. એમાં ચૂનાનું નિર્મળ પાણી રેડવાથી કૅલ્સિયમ કાર્બોનેટ ઉત્પન્ન થવાથી દૂધિયા રંગનું થાય છે અને રાતું લિટ્મસ ભુરૂં થાય છે.

ગંધકને એક પ્રજ્વલન પળી (deflagrating fpoon) માં મૂકી સહેજ ગરમ કરી ઑક્સિજનના વાસણમાં મૂકીએ તેા ઝટ સળગી ઊઠે છે (જુએા આકૃતિ ૧૪) અને ગંધકના વાસવાળેા એક જલદ વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. એ વાયુને ગંધકનેા ઑક્સાઈડિ (સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ) કહેવામાં આવે છે. એ વાયુથી ભરેલાં વાસણમાં પાણી રેડી હલાવતાં ઍસિડનું દ્રાવણ તૈયાર થાય છે અને એમાં ભુરૂં લિટ્મસ કાગળ રાતું થાય છે.

ફૉસ્ફરસને બાળતાં ફૉસ્ફરસ પેન્ટૉક્સાઇડ (બે ભાગ ફૉસ્ફરસ અને પાંચ ભાગ ઑક્સિજનથી બનેલો) વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. એ પણ પાણીમાં ઓગળે છે અને ઍસિડિક પાણી બનવાથી ભુરાં લિટ્મસને રાતું બનાવે છે.

મેગ્નેસિયમ ધાતુ બાળવાથી પણ મેગ્નેસિયમ ઑક્સાઇડ (એક ભાગ મેગ્નેસિયમ અને એક ભાગ ઑક્સિજન) ઉત્પન્ન થાય છે. એ પણ પાણીમાં ઓગળે છે અને મેગ્નેસિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ (magnesium hydroxide) ઉત્પન્ન કરે છે જે એઝીક હોવાથી રાતાં લિટ્મસને ભુરૂં બનાવે છે.

૬. ઑક્સિડેશન
Oxidation

ઉપર દર્શાવેલી રીતે જ્યારે એક વસ્તુનો ઑક્સિજન સાથે સંયોગ થાય અને તે વસ્તુનો ઑક્સાઇડ બને તે ઘટનાને ઑક્સિડેશન કહેવા આવે છે.

૭. પ્રિસ્ટલી, કેવેન્ડીશ અને લેવોઇઝીયર

પ્રિસ્ટલી, કેવેન્ડિશ અને લેવોઇઝીયર સમકાલીન વૈજ્ઞાનિકો રસાયણ વિજ્ઞાનનાં સ્થાપકો ગણાય છે. પ્રિસ્ટલી ૧૭૩૩ માં ઇંગ્લંડમાં જન્મ્યો હતો. છ વર્ષનો થયો, ત્યારથી જ એ માતપિતા વિનાનો નિરાધાર થઇ પડયો હતો. તેણે જુદી જુદી ભાષા શીખી લીધી અને દેવળમાં ધર્મગુરૂ તરીકે રહ્યો. એની સ્કૂલમાં થોડાં સાહિત્યો ખરીદી આપવાથી તેને પણ રસાયણ બાબતમાં જીજ્ઞાસા ઉત્પન્ન થઇ. એની પહેલાં ઘણા પ્રયોગોદ્વારા એમ બતાવવામાં આવતું હતું કે બંધ વાસણમાં મીણબત્તિ બળ્યા પછી રહેલા વાયુમાં જ્વલન થતું નથી. પ્રિસ્ટલી માનતો હતો કે રહેલો વાયુ ફ્લોજીસ્ટ્ન નામના

અજ્ઞાત તત્ત્વથી ભરેલો હતો. ૧૭૭૪ માં પ્રિસ્ટલીએ ઑક્સિજન વાયુની શોધ કરી તેના કેટલાક ગુણધર્મોનો અભ્યાસ કર્યો. હવામાં બળેલા પદાર્થોને એ વેળા ખાખ (કેલ્ક્ષ calx) કહેવામાં આવતા, કારણ કે ઑક્સિજન વાયુની શોધ ત્યાર પછી થઇ હતી. મર્ક્યુરી ઑક્સાઇડ (હિંગળોક) ને તપાવી વાયુ ઉત્પન્ન કર્યો અને તે જ્વલન અને જીવનને ઉત્તેજક હતો એમ પ્રિસ્ટલીએ બતાવ્યું. આ વાયુ ઑક્સિજન જ છે એમ લેવોઇઝિયર નામના ફ્રેન્ચ વૈજ્ઞાનિકે પૂરવાર કર્યું.

લેવોઇઝિયર ફ્લોજીસ્ટન નામના અજ્ઞાત તત્ત્વના સિદ્ધાન્તમાં માનતો ન હતો અને તેણે બતાવ્યું હતું કે, જ્યારે પદાર્થ બળે છે ત્યારે કોઇ દ્રવ્ય બહાર પડતુ નથી પરંતુ હવામાંથી થોડો વાયુ ઓછો થાય છે. આજ વખતે પ્રિસ્ટલી પોતાની શોધખોળની બાબતમાં લેવોઇઝિયરની સલાહ લેવા પેરીસ ગયો. પ્રિસ્ટલીની શોધને આધારે લેવોઇઝિયરે નીચેનો પ્રયોગ કર્યો. લેવોઝિયરે એક નળાકારને પારાના વાસણમાં ઊંધુ વાળી એ વાસણને ગરમ કરી પારાનો ઑક્સાઇડ બનાવ્યો અને એ તૈયાર થવા માટે વાયુનો કેટલો ભાગ વપરાયો તે વાસણમાં ઊંચે ચઢેલા પારાના કદ વડે નિયત કર્યું. ત્યાર પછી જે પારાનો ઑક્સાઇડ બન્યો, તેને એક રીટોર્ટમાં ગરમ કરી તેમાંથી નીકળેલા વાયુનું કદ માપતાં માલૂમ પડ્યું કે હવામાંથી ઓછા થયેલા વાયુના જેટલુંજ એ કદ હતું, અને પ્રિસ્ટલીએ કુદરતી પારાના ઑક્સાઇડમાંથી મેળવેલા વાયુના સર્વ ગુણ આ વાયુ ધરાવતો હતો. એ ઉપરથી લેવોઇઝિયરે પૂરવાર કર્યું કે હવામાં બે જાતના વાયુ હોય છે. એક જલદ વાયુ ઑક્સિજન અને બીજો અક્રિય વાયુ નાઇટ્રોજન.

એજ અરસામાં કેવેન્ડિશ્ નામના અંગ્રેજ વૈજ્ઞાનિકે હાઈડ્રોજન વાયુની શેાધ કરી, અને પ્રિસ્ટલીએ બતાવ્યું કે કેટલાક ધાતુના કેલ્ક્ષને એ વાયુમાં તપાવવાથી ધાતુ પાછી મળી આવે છે. આ પ્રયેાગના આધારે પાણીનાં બંધારણમાં હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન છે એમ લેવેાઇઝિયરે પૂરવાર કર્યું

સાર

૧. લેડ ઑક્સાઇડ, મરક્યુરિક ઑક્સાઇડ અથવા પેાટાસિયમ ક્લેારેટને ખૂબ તપાવીએ તેા તેમાંથી ઑક્સિજન પેદા થાય છે. સીસાં અથવા પારાને સાધારણ તાપે તપાવીએ તેા એથી ઉલટું લેડ ઑક્સાઇડ અને મર્ક્યુરિક ઑક્સાઇડ પેદા થાય છે. પેાટાસિયમ ક્લેારેટમાં મેન્ગેનિઝ ડાયૉક્સાઇડ ભેળવાથી તેમાંથી જલદી અને પુષ્કળ જથ્થામાં ઑક્સિજન નિકળે છે.

૨. ઑક્સિજન વાયુ વડે જ જ્વલન થાય છે. વસ્તુ બળે કે ધાતુ કટાય તેમાં ઑક્સિજન વપરાય છે. જીવંત પ્રાણીઓના શરીરની અશુદ્ધિઓને બાળીને (દહન કરીને) દૂર કરવા ઑક્સિજનની જરૂર પડે છે. આથીજ ઑક્સિજનને પ્રાણવાયુ કહેવામાં આવે છે.

૩. ઑક્સિજન વાયુ રંગ, સ્વાદ અને ગંધ વિનાનેા જલદ વાયુ છે. એમાં સાધારણ ધૂમાતી વસ્તુ ઝડપથી સળગી ઊઠે છે.

૪. ઑક્સિજન સાથે સંયેાગ થવાથી ઑક્સાઇડ ઉપજે છે. તેમાંના કેટલાક ઍસિડિક, કેટલાક બેઝીક ગુણવાળા અને કેટલાક શિથિલ હેાય છે.

પ્રકરણ ૭

તેજાબો, બૅઝિઝ અને ક્ષારો

Acids, Bases and Salts

૧. તેજાબો અને બૅઝિઝ
Acids and Bases

વૈજ્ઞાનિકોએ કેટલાક પદાર્થોને તેઓનાં ગુણધર્માનુસાર મૂખ્ય બે વિભાગોમાં વહેંચી નાંખ્યા છે: (૧) તેજાબો (Acids, ઍસિડ્સ) અને (૨) બૅઝિઝ (Bases or Alkalis). ૧૭ મી સદીની અંતમાં રોબર્ટ બૉઇલે તેજાબના ગુણધર્મો નીચે દર્શાવ્યા હતા.

(૧) તેજાબો ખાટા હોય છે; (૨) ઘણા પદાર્થોને તેજાબો ઓગળે છે; (૩) પાણીમાં તેજાબો ઓગળી જાય છે; (૪) ભૂરાં લિટ્મસને તેજાબો રાતું બનાવે છે; (૫) બૅઝિક પદાર્થોના સંસર્ગમાં આવતાં તેના ઍસિડિક ગુણધર્મોનો ત્યાગ કરે છે અને તેમના ક્ષાર બને છે; (૬) દરેક તેજાબમાં મૂખ્ય તત્ત્વ હાઇડ્રોજનનું અવશ્ય હોય; (૭) ધાતુ, ધાતુના ઑક્સાઇડ, અને ધાતુના કાર્બોનેટ તેજાબ જોડે થોડે ઘણે અંશે સંયોજાય છે અને તેને પરિણામે ક્ષાર ઉત્પન્ન થાય છે.

બૅઝિઝના ગુણધર્મો ઍસિડના કરતાં જુદાજ હોય છે. બૅઝિઝને આલ્કલી (alkali) પણ કહેવામાં આવે છે, પરંતુ એ ધ્યાનમાં રાખવાની જરૂર છે કે દરેક બૅઇઝ આલ્કલી હોતો નથી. એનો ફેર પાછળથી સમજાવવામાં આવશે. બૅઝિઝના ગુણધર્મો નીચે પ્રમાણે છે. (૧) તેઓ સ્પર્શમાં સાબુ જેવા ચીકણા લાગે છે; (૨) ગંધક અને તેલ આલ્કલીમાં ઓગળી જાય છે; (૩) કેટલાક બૅઇઝ પાણીમાં ઓગળે છે અને કેટલાક નથી ઓગળતા;

(૪) રાતાં લિટ્મસને બૅઈઝ ભૂરૂં બનાવે છે; (૫) તેજાબ સાથે તેમનું સંયોજન થાય છે અને પરિણામે ક્ષારો (salts) ઉત્પન્ન થાય છે; અને (૬) એમાં (OH) હાઇડ્રોક્સાઇડ તત્વ મૂખ્ય હોય છે.

થોડાં તેજાબ (ઍસિડ) અને બેઈઝના નામ નીચે આપ્યાં છે.

તેજાબ.	સંજ્ઞા	બૅઝિઝ (આલ્કલી)	સંજ્ઞા.
સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ (ગંધકનો તેજાબ)	H_2SO_4	સોડિયમહાઇડ્રોક્સાઇડ	$NaOH$
હાઇડ્રોક્લોરિક ,,	HCl	પોટાસિયમ ,,	KOH
નાઇટ્રિક ,,	HNO_3	કૅલ્સિયમ ,,	$Ca(OH)_2$
ઍસિટિક ,, (વીનીગર)	CH_3COOH	ઍમોનિયમ ,,	$NH_4\ OH$
કાર્બોનિક ,,	H_2CO_3	બૅરિયમ ,,	$Ba(OH)_2$

દરેક બેઇઝમાં ઍસિડને શિથિલ (neutralise) કરવાનો ગુણ હોય છે. બેઇઝનો એક ભાગ ઘણું ખરૂં ધાતુ તત્ત્વનો હોય છે, એટલે ઍસિડ અને બેઇઝનો સંયોગ થાય તો ઍસિડમાંથી હાઇડ્રોજનના ભાગની જગ્યાએ બેઇઝનો ધાતુ તત્ત્વનો ભાગ દાખલ થાય છે અને તેમાંથી શિથિલ ક્ષાર બને છે અને બાકી રહેલા હાઇડ્રોજન (H) અને હાઇડ્રોક્સાઇડ (OH) ભાગ ભેગો થઇને તેમાંથી પાણી ઉત્પન્ન થાય છે.

$$H_2SO_4 + 2NaOH = Na_2SO_4 + 2H_2O$$

ઍસિડ + બેઇઝ = શિથિલ ક્ષાર + પાણી

દરેક બેઇઝની ખાસિયત રૂપે પાછળનો (HO) ભાગ હોય છે અને એ ભાગને લીધેજ સર્વને હાઇડ્રોક્સાઇડ કહેવામાં આવે છે. ઍસિડમાં આગળનો (H) ભાગ ખાસિયત રૂપે છે.

અને જ્યારે જ્યારે ઍસિડ અને બેઇઝનો સંયોગ થાય ત્યારે ઍસિડનો (H) ભાગ અને બેઇઝનો (OH) ભાગ મળવાથી પાણી (H_2O) ઉત્પન્ન થાય છે.

બેઇઝ એવું સંયોજન છે કે જે ઑક્સાઇડ (O ની સાથે સંયોજનવાળો) અથવા હાઇડ્રૉક્સાઇડવાળા (OH ની સાથે સંયોજનવાળો) ભાગની સાથે ભળેલો હોય છે. ઍસિડની સાથે એનું સંયોજન થાય છે, ત્યારે તેમાંથી પાણી અને શિથિલ ક્ષાર (neutral salt) ઉત્પન્ન થાય છે. બેઇઝ હંમેશાં રાતાં લિટ્મસને ભુરૂં બનાવે છે. સોડિયમ, પોટાસિયમ અને ઍમોનિયમના હાઇડ્રૉક્સાઇડ દ્રાવ્ય (soluble) હોવાથી તેમને આલ્કલી (alkali) એવું નામ આપેલું છે.

૩. શિથિલક્રિયા Neutralisation

બે દ્રવ્યોની અરસપરસ ક્રિયાને લીધે ઘણીવાર શિથિલક્રિયા ઉદ્ભવે છે. એ ક્રિયામાં ભાગ લેતાં દરેક પદાર્થોના વિશિષ્ટ ગુણધર્મોનો નાશ થાય છે. દાખલા તરીકે તેજાબ (ઍસિડ) અને બેઇઝની પ્રતિક્રિયા થઇ તેનો શિથિલ (neutral) પદાર્થ બને છે ત્યારે તેજાબ અને બેઇઝ બન્નેના ગુણધર્મો નષ્ટ થાય છે. તેજાબ અને બેઇઝની ક્રિયાથી જે જે પદાર્થ ઉત્પન્ન થાય છે, તેને (salt) કહેવામાં આવે છે; અને તે તેજાબ કે બેઇઝના ગુણધર્મો ધરાવતો નથી. આવી જાતની ક્રિયાને શિથિલક્રિયા (neutralisation) કહેવામાં આવે છે. નીચેના ફકરા (૫) માં એ ક્રિયાને વધુ વિસ્તારથી સમજાવી છે. આકૃતિ (૧૫) માં બતાવ્યા પ્રમાણે તેજાબ અને બેઇઝનું શિથિલ બિંદુ (neutral point) મેળવી શકાય છે. તે

મેળવવા માટે કોઇપણ દર્શક વસ્તુ (indicator) નેા ઉપયેાગ કરવેા પડે છે.

૪. સોલ્ટ (ક્ષાર) જ્યારે ઍસિડ અને બેઇઝ ભેગાં થાય છે ત્યારે ઍસિડના હાઇડ્રોજનવાળા ભાગને દૂર કરી જે સંયેાજન રૂપે નિષ્ક્રિય પદાર્થ ઉત્પન્ન થાય છે, તેને ક્ષાર (salt) કહેવામાં આવે છે; અને એ ક્ષાર ઘણુંખરૂં શિથિલ (neutral) હોય છે. એટલે કે એનામાં ઍસિડ અથવા બેઇઝના ગુણ હોતા નથી, કેટલાક ક્ષારેા શિથિલ (neutral) હેાય છે અને કેટલાક ક્ષારેા પાણીમાં ઓગળ્યા પછી રાતા લિટ્મસને ભુરૂં બનાવે છે અથવા ભુરાંને રાતું બનાવે છે; એટલે કે તેઓ ઍસિડ અથવા આલ્કલાઇન હેાય છે.

૫. ઍસિડ અને બેઇઝના સંયેાજન ઍસિડ અને બેઇઝને ભેગાં કરવાથી પાણી અને એક ક્ષાર ઉત્પન્ન થાય છે. એનું દૃષ્ટાંત નીચે આપ્યું છે.

સેાડિયમ હાઇડ્રોક્સાઇડ	+	હાઇડ્રોક્લેારીક ઍસિડ	=	સેાડિયમ ક્લેારાઇડ	+	પાણી
$NaOH$	+	HCl	=	$NaCl$	+	H_2O

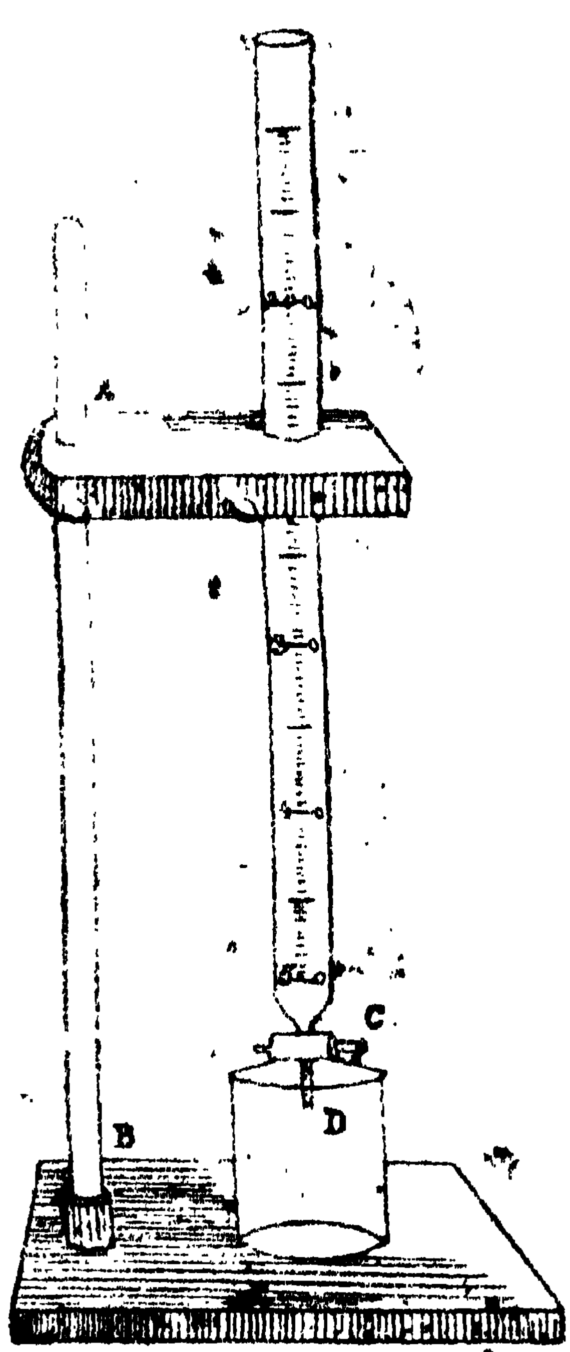
એ રીતે ઍસિડ અને બેઇઝનું સંયેાજન થાય છે. બન્નેનું પ્રમાણ અમુક જ રાખવામાં આવે તેા જ બરાબર સંપૂર્ણ ક્રિયા ઉત્પન્ન થાય છે. આ જ પ્રમાણે.

સેાડિયમ હાઇડ્રોક્સાઇડ	+	સલ્ફયુરિક અસિડ	=	સેાડિયમ સલ્ફેટ	+	પાણી
$NaOH$	+	H_2SO_4	=	Na_2SO_4	+	$2H_2O$
સેાડિયમ હાઇડ્રોકસાઇડ	+	નાઇટ્રિક એસિડ	=	સેાડિયમ નાઇટ્રેટ	+	પાણી
$NaOH$	+	HNO_3	=	$NaNO_3$	+	H_2O

દરેકમાંથી એક સોલ્ટ (ક્ષાર) અને પાણી એમ બે ભાગ ઉત્પન્ન થાય છે. ઉપર કહ્યા પ્રમાણે ઍસિડ અને તેજાબને શિથિલ કરવાની ક્રિયાને (neutralisation) શિથિલક્રિયા કહેવામાં આવે છે. ઍસિડ અને બેઇઝનું મિશ્રણ કરીએ અને જો બન્નેનું પ્રમાણ એવું હોય કે જેથી દ્રાવણ શિથિલ બને, તો તેમાં લિટ્‌મસ કાગળ ભીંજવવાથી તેના રંગમાં ફેરફાર થતો નથી.

આવી રીતે ઍસિડ અને બેઇઝને શિથિલ કરવાને માટે એક કાચના પ્યાલામાં ઍસિડ કે બેઇઝનું મંદ (dilute) દ્રાવણ હોય તેને રાખવામાં આવે છે (આકૃતિ ૧૭). એ પ્યાલા ઉપર એક સ્ટૅન્ડ AB માં ચકલી C (cock) વાળી કાચની બ્યુરેટ (burrette) રાખી તેમાં બીજું દ્રાવણ રાખવામાં આવે છે. પ્યાલામાં લિટ્‌મસ નામનું રંગીન પ્રવાહી રેડવામાં આવે છે. જો નીચેના પ્યાલામાં ઍસિડ હોય તો લિટ્‌મસ રાતો રંગ ધરશે. એમાં ધીમે ધીમે ઉપરની બ્યુરેટની નળી માંથી બેઇઝ નાંખવામાં આવે તો લિટમસનો લાલ રંગ ધીમે ધીમે ઓછો થતો જશે અને જ્યારે ઍસિડ અને બેઇઝનો સંપૂર્ણ શિથિલ સંયોગ થયો હોય, ત્યારે લિટ્‌મસનો રંગ બિલકુલ ઊડી જશે. પરંતુ જો બેઇઝનું પ્રમાણ વધુ પડે તો તુરત જ

આકૃતિ ૧૭



લિટ્‌મસ ભૂરો રંગ ધારણ કરશે. આ રીતે ઍસિડને શિથિલ (neutralise) કરી શકાય છે.

૬. ક્ષાર (Salt) તૈયાર કરવાની રીતો

(૧) જ્યારે જસત (ઝીંક), અલ્યુમિનિયમ, મૅગ્નેસિયમ વગેરે ધાતુઓની તેજાબ (ઍસિડ) જોડે પ્રતિક્રિયા થાય છે, ત્યારે તેજાબનું તે ધાતુ જોડે સંયોજન થાય છે અને પરિણામે તેજાબ શિથિલ થાય છે અને ધાતુનો ક્ષાર (salt) તૈયાર થાય છે.

દાખલા તરીકે.

ઝીંક	+	સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ	=	ઝીંક સલ્ફેટ	+	હાઇડ્રોજન
Zn	+	H_2SO_4	=	$ZnSO_4$	+	H_2
મૅગ્નેસિયમ	+	હાઇડ્રોક્લોરીક ઍસિડ	=	મૅગ્નેસિયમ ક્લોરાઇડ	+	હાઇડ્રોજન
Mg	+	$2\ HCl$	=	$MgCl_2$	+	H_2

(૨):—જ્યારે ધાતુઓના ઑક્સાઇડો તેજાબ (ઍસિડ) જોડે પ્રતિક્રિયા કરે છે ત્યારે પણ ક્ષારો ઉદ્‌ભવે છે.

મૅગ્નેસિયમ ઑક્સાઇડ	+	સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ	=	મૅગ્નેસિયમ સલ્ફેટ	+	પાણી
MgO	+	H_2SO_4	=	$MgSO_4$	+	H_2O
ઍલ્યુમિનિયમ ઑક્સાઇડ	+	હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ	=	ઍલ્યુમિનિયમ ક્લોરાઇડ	+	પાણી
Al_2O_3	+	$6\ HCl$	=	$2\ AlCl_3$	+	H_2O

(૩):—જ્યારે ધાતુઓના હાઇડ્રૉક્સાઇડ (બૅઝીસ) ઍસિડ જોડે પ્રતિક્રિયા કરે છે ત્યારે પણ ક્ષાર ઉત્પન્ન થાય છે.

મૅગ્નેસિયમ હાઇડ્રૉકસાઇડ	+	હાઇડ્રોક્લોરિક એસિડ	=	મૅગ્નેસિયમ ક્લોરાઇડ	+	પાણી
KOH	+	HNO_3	=	KNO_3	+	H_2O

૭. ક્ષારનું વિઘટન Decomposition of salts કેટલાક ક્ષારોમાં સાધારણ સ્થિતિ બદલાતાં અગર તેઓને ગરમ કરવામાં આવતાં તેઓનું વિઘટન થાય છે.

(૧):—એક કશનળીમાં હિંગળોક (મર્ક્યુરી ઑક્સાઇડ) ને ગરમ કરવામાં આવે તો તેમાંથી ઑક્સિજન છૂટો પડે છે અને (મર્ક્યુરી) ના ઝીણાં બિંદુ કશનળીની ઠંડી દિવાલ બાઝેલાં માલૂમ પડે છે.

મર્ક્યુરી ઑક્સાઇડ	=	મર્ક્યુરી	+	ઑક્સિજન
$2\ HgO$	=	Hg_2	+	O_2
લેડ ઑક્સાઇડ	=	લેડ મૉનૉક્સાઇડ	+	ઑક્સિજન
$2\ Pb_3O_4$	=	$6\ PbO$	+	O_2

એજ પ્રમાણે લેડ ઑક્સાઇડ (રેડ લેડ) ને ગરમ કરવાથી લેડ મૉનૉક્સાઇડ (લીથાર્જ) અને ઑક્સિજન છૂટો પડે છે.

(૨):–કેટલાક ધાતુઓના હાઇડ્રૉક્સાઇડને ગરમ કરવામાં આવે તે ધાતુના ઑક્સાઇડ અને પાણી છૂટાં પડે છે. આલ્કલી ગુણવાળી ધાતુના (જેવી કે સોડિયમ, પોટાશિયમ) હાઇડ્રૉક્સાઇડમાં તેવા ફેરફાર નથી થતા,

કૅલ્સિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ	=	કૅલ્સિયમ ઑક્સાઇડ	+	પાણી
$CaOH_2$	=	CaO	+	H_2O

(૬):—સોડિયમ; પોટાસિયમ સિવાયના ધાતુના કાર્બોનેટને (CO_3 વાળો ભાગ ધરાવતા ક્ષાર) ગરમ કરવાથી તે ધાતુના ઑક્સાઇડ અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ છૂટાં પડે છે.

ઝીંક કાર્બોનેટ = ઝીંક ઑક્સાઇડ + કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ

$$ZnCO_3 = ZnO + CO_2$$

(ઝીંક ઑક્સાઇડ જ્યારે ગરમ હોય છે ત્યારે પીળો દેખાય છે અને ઠંડો હોય છે ત્યારે ધોળો દેખાય છે.)

(૪):—સોડિયમ અને પોટાસિયમ સિવાયની ધાતુના નાઇટ્રેટ ક્ષારોને (જેમાં NO_3 વાળો ભાગ હોય તે) સરખી ગરમી આપવાથી તેનું વિઘટન થાય છે. દાખલા તરીકે

લેડ નાઇટ્રેટ = (લેડ ઑક્સાઇડ) + નાઇટ્રોજન પેરોક્સાઇડ + ઑક્સિજન

$$2\,Pb(NO_3)_2 = 2\,PbO + 4\,NO_2 + O_2$$

(૫):—ધાતુના ક્લોરેટ ક્ષારને ગરમ કરવામાં આવે ત્યારે ઘણુંખરું તેમાંથી ઑક્સિજનનું વિઘટન થાય છે.

પોટાસિયમ ક્લોરેટ = પોટાસિયમ ક્લોરાઇડ + ઑક્સિજન

$$2KClO_3 = 2\,KCl + 3\,O_2$$

(૬):—સોડિયમ અને પોટાશિયમ ધાતુના સલ્ફેટને (જેમાં SO_4 ભાગ હોય તે) જ્યારે ગરમ કરવામાં આવે ધાતુનો ઑક્સાઇડ, ગંધકનો ઑક્સાઇડ અને ઑક્સિજન છૂટાં પડે છે.

સાર

૧. ઍસિડમાં હાઇડ્રોજન (H) તત્વનો એક મુખ્ય ભાગ હોય છે. એ સ્વાદમાં ખાટો લાગે છે અને દાહક છે. એને ધાતુ ઉપર નાંખતાં હાઇડ્રોજન વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. ઍસિડ ભુરાં લિટ્મસ કાગળને રાતું બનાવે છે.

૨. બેઇઝ ચીકાસવાળો હોય છે. એ રાતાં લિટ્મસને ભુરૂં બનાવે છે. એમાં (OH) વાળો ભાગ મુખ્ય હોય છે અને તેથી તેને હાઇડ્રોક્સાઇડ કહેવામાં આવે છે.

૩. ઍસિડ અને બેઇઝનું સંયોજન થાય ત્યારે તેમાંથી એક ક્ષાર અને પાણી પેદા થાય છે. દા. ત. સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ તથા પોટાસિયમ હાઇડ્રોક્સાઇડ (બેઇઝ) ને ભેગાં કરીએ તો તેમાંથી પોટાસિયમ સલ્ફેટ તથા પાણી ઉત્પન્ન થાય છે. ધાતુ અને ઍસિડના સંયોજનથી પણ ક્ષાર પેદા થાય છે. દા. ત. ઝીંક + સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ (H_2SO_4) = ઝીંક સલ્ફેટ ($ZnSO_4$) + હાઇડ્રોજન વાયુ.

૪. કેટલાક ક્ષારને ઑક્સાઇડ કહેવામાં આવે છે કારણ કે તે ધાતુ અને ઑક્સિજનના સંયોગથી પેદા થયેલા હોય છે. CO_3 ના ભાગવાળા ક્ષારને કાર્બોનેટ અને NO_3 ના ભાગવાળાને નાઇટ્રેટ કહેવામાં આવે છે. કેટલાક ક્ષારને ગરમ કરવાથી તેમનું વિઘટન થાય છે. દા. ત. પોટાસિયમ ક્લોરેટ ($2KClO_3$) = પોટાસિયમ ક્લોરાઇડ ($2KCl$) + ઑક્સિજન.

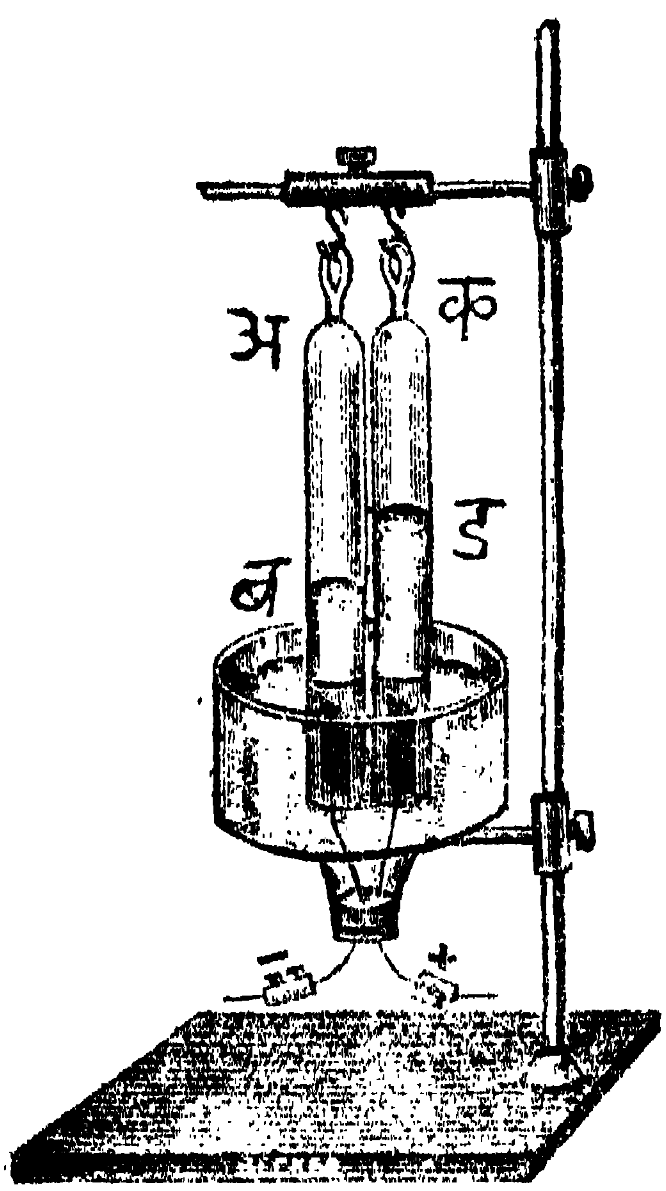
પ્રકરણ ૮

હાઇડ્રોજન અને પાણી

Hydrogen and Water

૧. પાણી શેનું બનેલું છે

આકૃતિ ૧૮



પાણીમાં થોડું ઍસિડ નાંખી (૧૮) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક બૅટરી માંથી આવતાં બે વિદ્યુત છેડાને દાખલ કરીએ તો પાણીનું વિદ્યુત પૃથક્કરણ થવાથી ઋણ (–) છેડાવાળી નળીમાં હાઇડ્રોજન ભેગો થશે અને ધન (+) છેડાવાળી નળીમાં ઑક્સિજન ભેગો થશે. એનું કારણ એ છે કે પાણી એ તત્ત્વો હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનનું બનેલું છે. હાઇડ્રોજનનું કદ ઑક્સિજન-નના કદથી બમણુ માલૂમ પડશે. એ ઉપરથી આપણે સમજી શકીએ કે પાણીના એક અણુમાં બે ભાગ હાઇડ્રોજનના અને એક ભાગ ઑક્સિ-જનનો હોય છે અને

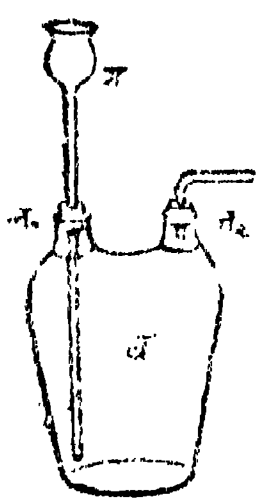
પાણી = ૨ હાઇડ્રોજન + ઑક્સિજન = $2H_2 + O_2 = 2H_2O$

જો હાઇડ્રોજન વાયુને બાળવામાં આવે તો ઉપર દર્શાવેલા પ્રમાણમાંજ હાઇડ્રોજનનું અને ઑક્સિજનનું સંયોજન થાય છે, એથી હાઇડ્રોજનનો ઑક્સાઇડ ઉત્પન્ન થાય છે અને તેને આપણે પાણી કહીએ છીએ.

૨. હાઇડ્રોજન કેવી રીતે પેદા કરી શકાય.

આકૃતિ (૧૯)માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક કાચની બરણી લો અને નીચે થોડા જસત (ઝીંક)ના ટુકડા રાખી ઉપરથી થોડું પાણી રેડો. ગરણીવાળા નળીને ન$_1$ એક બૂચમાં ચુસ્ત બેસાડી છેક બરણીના તળિયાં સુધી જવા દો અને બીજી એક વિમોચન નળી ન$_2$ (delivery tube) ને બાજુના સ્થળાંતર નળાકાર (displacement jar નીચે પાણીમાં થઇ જવા દો (આકૃતિ ૧૫ માં બતાવ્યા મુજબ.)

આકૃતિ ૧૯



હવે જો બરણીની ઉપર એક ગરણીમાં મંદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ (ગંધકનો તેજાબ) રેડી ધીમે ધીમે નીચે પડવા દઇએ તો ઝીંક અને સલ્ફ્યુરીક ઍસિડની રસાયણિક ક્રિયાથી નીચે બતાવ્યા પ્રમાણે હાઇડ્રોજન વાયુ ઉત્પન્ન થશે.

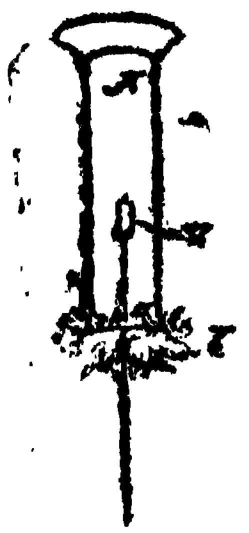
ઝીંક + સલ્ફ્યુરીક ઍસિડ = ઝીંકસલ્ફેટ + હાઇડ્રોજન

$$Zn + H_2SO_4 = ZnSO_4 + H_2$$

આવી રીતે ઉત્પન્ન થયેલો હાઇડ્રોજન નળાકાર (cylinder) માં પાણીને સ્થળાંતર કરીને ભેગો થશે. એ નળાકાર ભરાઇ રહે એટલે પાણીમાં એક કાચની પ્લેટ વડે એનું મુખ બંધ કરી એ નળાકારને બહાર કહાડો. એવા બીજા પણ જરૂર પડતા નળાકાર ભરી હાઇડ્રોજન વાયુના ગુણધર્મો તપાસી શકાશે. ખાસ ધ્યાનમાં રાખવાની વસ્તુ એ છે કે હાઇડ્રોજન વાયુ તદ્દન ચોકખો હોવો જોઇએ. જો હવાની સાથે ભળાયેલો હોય તો ધડાકો (explosion) થવાનો સંભવ રહે છે. બરણીમાંની હવા પણ તદ્દન જતી રહે ત્યાર પછી જ હાઇડ્રોજન નળાકારમાં ભેગો કરવો. આમ સંભાળ લેવા માટે પ્રથમ એક નાની કસનળી હાઇ-ડ્રોજનથી ભરવી. એ નળીની ઉપર અંગુઠો મૂકી બહાર કાઢીને મિણ-બત્તિની જ્યોત લગાડો. જો બિલકુલ અવાજ વિના હાઇડ્રોજન

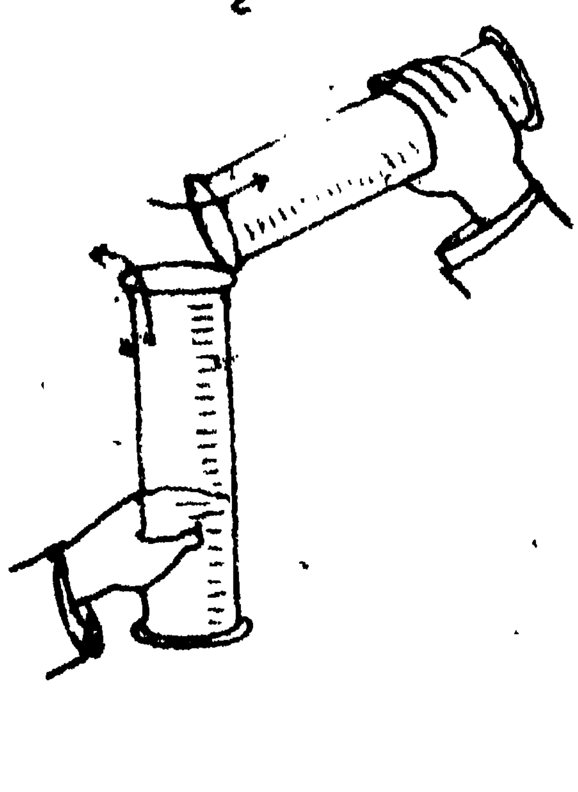
બળે તો ઠીક; નહિતર અવાજ થાય તો થોડા વાયુને બહાર નીકળી જવા દેવો અને ફરીથી થોડીવાર પછી ઉપલો પ્રયોગ કરતાં જો કશનળીનો હાઇડ્રોજન વાયુ બીલકુલ અવાજ વિના બળે તો પ્રયોગ માટે નળાકાર (cylinder) ભરી લેવો.

આકૃતિ ૨૦



હાઇડ્રોજનના ગુણધર્મ તપાસવા નિચેના પ્રયોગો કરો (૧):—આકૃતિ (૨૦)માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક બળતી મીણબત્તી એક તાર ઉપર રાખી ઊંધા નળાકારમાં દાખલ કરો. તમારો પ્રયોગ શું બતાવે છે તેની નોંધ કરો. (૨) એક હાઇડ્રોજનના ભરેલા નળાકારને હવાના ભરેલા નળાકારની નીચે આકૃતિ (૨૧) માં બતાવ્યા પ્રમાણે રાખો.

આકૃતિ ૨૧



ઉપલા નળાકારમાં પ્રથમ હવા હતી, હવે કયો વાયુ આવ્યો તેની પ્રયોગ (૧) માં બતાવ્યા મુજબ ખાતરી કરો. (૩):—હાઇડ્રોજન વાયુની બરણીમાં નિતર્યું ચૂનાનું પાણી, નાંખવાથી કંઇ ફેરફાર થાય છે કે? (૪) માં લિટ્મસ પેપર નાંખી કંઇ ફેરફાર થતા હોય તો નોંધો, (૫) હાઇડ્રોજનના સ્વાદ ગંધ, રંગ વગેરેની નોંધ કરો.

૩. હાઇડ્રોજનના ગુણ દર્શાવતા પ્રયોગ

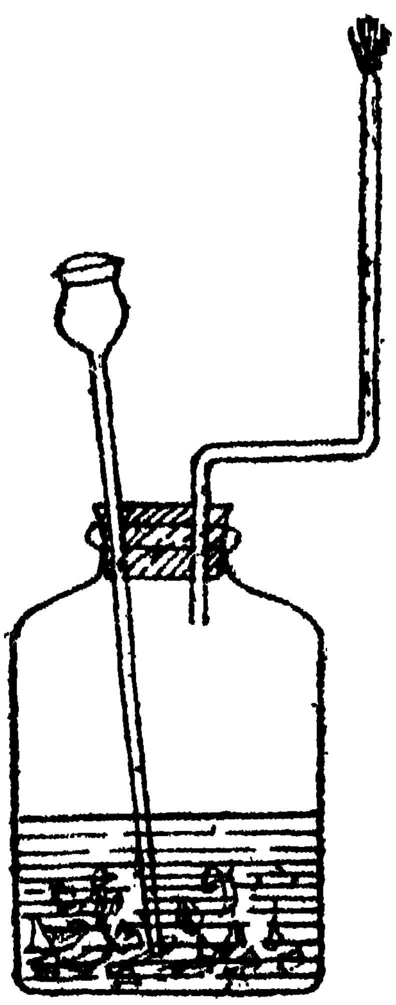
ઉપરના પ્રયોગ (૧) માંથી માલૂમ પડે છે કે હાઇડ્રોજન વાયુ નળાકારના મુખ આગળ ભુરી જ્યોત સાથે બળશે અને નળાકારમાં દાખલ કરવામાં આવેલી મીણબત્તિ હોલાઇ જશે.

આ ઉપરથી હાઇડ્રોજનના બે ગુણ માલૂમ પડે છે, કે હાઇડ્રોજન સળગી ઊઠે (એટલે કે જ્વલન થાય) છે, પરંતુ એની અંદર કોઈ વસ્તુ બળી શકતી નથી.

પ્રયોગ (૨) માંથી માલૂમ પડે છે કે હાઈડ્રોજન વાયુ ઉપલા નળાકારમાં જાય છે, કારણ કે હાઇડ્રોજન સાથી હલકામાં હલકો વાયુ છે. દરેક વાયુમાં હાઇડ્રોજન સૌથી હલકો વાયુ હોવાથી એ વાતાવરણમાં તદ્દન ઉપલા ભાગમાં રહેલો છે. એ વાયુના હલકા-પણાથી બલુનમાં ભરવા માટે પણ એનો ઉપયોગ થાય છે, પરંતુ એ સળગી જતો હોવાથી એનાથી સહેજ ભારે હિલિયમ વાયુ વધુ વપરાશમાં આવે છે.

(૩) જો હાઇડ્રોજન ઉત્પન્ન કરવાની બરણીમાં (આકૃતિ ૨૨) માં બતાવ્યા પ્રમાણેની લાંબી નળી લઈને ઉપર હાઇડ્રોજન વાયુ નીકળે ત્યારે સળગાવવામાં આવે તો નાની ભુરી જ્યોત બળતી માલૂમ પડશે અને તે કંઇ પણ જોખમ વગર બાળી શકાય છે. એ જ્યોતથી થોડે દૂર એક ઠંડી કાચની પ્લેટ ધરીએ તો તેના ઉપર પાણીના બિંદુ બાઝેલાં માલૂમ પડે છે. એ પ્રવાહી પાણીનાજ બિંદુના છે એની ખાતરી કરવી હોય તો માલમ પડશે પડશે કે પ્રવાહી 0° સે. એ ઘન બને છે, ૧૦૦° સે. એ ઊકળે છે અને એની ઘનતા ૧ ગ્રા./ઘ. સેમિ છે.

આકૃતિ ૨૨



(૪) હાઇડ્રોજનને ઑક્સિજન સાથે ૨:૧ ના પ્રમાણમાં મિશ્રણ બનાવી તેને દીવાની જ્યોત લગાડીએ તો તરતજ મોટો ધડાકો થશે અને બન્નેનું સંયોજન થઈને પાણી ઉત્પન્ન થશે.

(૫) હાઇડ્રોજન ઑક્સિજનહારક એટલે રિડયુસીંગ પદાર્થ (reducing agent) છે. ગરમ કરેલા તાંબાના

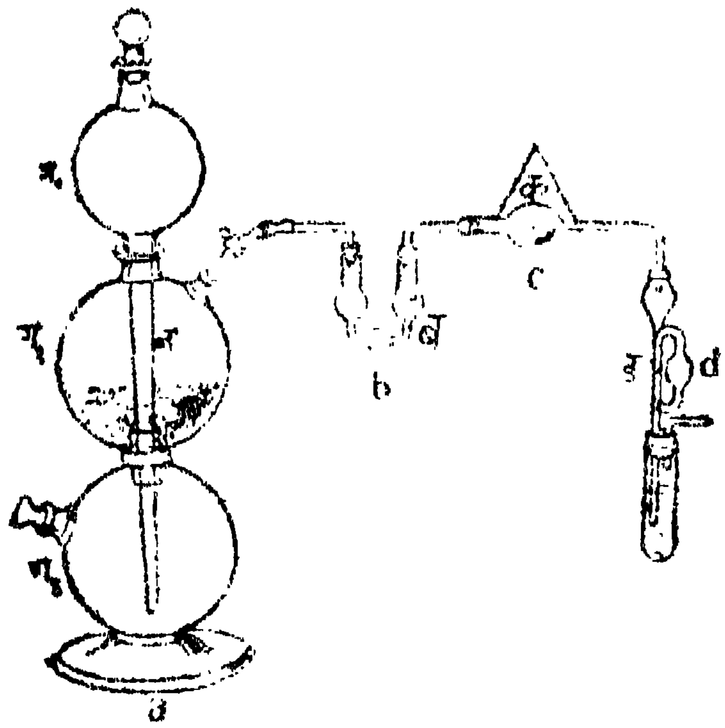
ઑક્સાઇડ (copper oxide) ઉપરથી હાઇડ્રોજન પસાર કરવામાં આવે તો તે ઑક્સિજનને લઇ લે છે [$CuO + H_2 = Cu + H_2O$] અને તાંબાના ઑક્સાઇડનું રિડક્શન થઇને એટલે કે હાઇડ્રોજન તથા ઑક્સિજનનું સંયોજન બનવાને લીધે તાંબાના ઑક્સાઇડમાંથી પાછું તાંબુ બને છે. (એજ પ્રમાણે બીજાં દ્રવ્યો પણ ઑક્સિજન લઇ લે તો તેને રિડ્યુસીંગ પદાર્થ કહેવામાં આવે છે.) તાંબાના પતરાંને ગરમ કરીએ તો તેનો ઑક્સાઇડ થવાથી કાળું પડે છે. એ ગરમ પતરાં ઉપર બે ત્રણ ટીપાં મેથિલેટેડ સ્પિરીટ નાંખી હાઇડ્રોજનની બરણીમાં નાંખીએ તો તે ઑક્સાઇડમાંથી ઑક્સિજન નીકળી જશે અને પાછું ચોખ્ખું તાંબાનું પતરૂં મળશે.

૪. પાણીના સંયોજનમાં હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનના કદ અને વજનનું પ્રમાણ

વિદ્યુત પૃથકકરણ કરવાના સાધન વોલ્ટામિટર વડે હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનના કદનું પ્રમાણ નીકળે છે પાણીના સંયોજનમાં હાઇડ્રોજનનું કદ ઑક્સિજનના કદથી બેવડું હોય છે. (આકૃતિ ૧૭).

વજનનું પ્રમાણ કાઢવા માટે આકૃતિ (૨૩) માં બતાવ્યા મુજબની રચના કરવી પડશે. પ્રથમ હાઇડ્રોજન પેદા કરવાની કીપ્સની બરણી (Kipp's bottle) લઇને તેમાંથી હાઇડ્રોજન બાજુમાં રાખેલી ફૉસ્ફરસ પૅન્ટોક્સાઇડથી ભરેલી નળી બ માંથી પસાર થવાથી કોઇપણ ભેજ હોય તે નળીમાં રહી જાય છે અને ચોખ્ખો હાઇડ્રોજન બહાર આવે છે. હાઇડ્રોજનને એક પહોળી નળી क રાખેલા તાંબાના ઑક્સાઇડ (કૉપર

આકૃતિ ૨૩



ઑક્સાઇડ) ઉપર થઈને પસાર કરવામાં આવે છે. કૉપર ઑક્સાઇડનું પ્રથમ વજન કરી લીધેલું હેાવાથી હાઇડ્રોજન પસાર કરવાથી એના વજનમાં કેટલેા ફેરફાર થયેા એ શેાધી કઢાશે. કૉપર ઑક્સાઇડને ખૂબ તપાવવામાં આવે એટલે એની ઉપર પસાર થતેા હાઇડ્રોજન ઑક્સિજનને ખેંચી લે છે અને તેનું સંયેાજન થવાથી પાણી ઉત્પન્ન થાય છે. આમ થવાથી કૉપર ઑક્સાઇડનું વજન ઘટે છે અને તેટલા વજનનેા ઑક્સિજન પાણી બનાવવામાં વપરાય છે. હાઇડ્રોજનનું પાણી બને છે તેને પહેાળી નળીને છેડેથી એક કૅલ્સિયમ ક્લેારાઇડથી ભરેલી અને આગળથી વજન કરેલી નળીમાંથી પસાર કરવામાં આવે છે. એ ક્ષાર (salt) નેા ગુણ ભેજને સંગ્રહવાનેા હેાય છે, એટલે જેટલું પાણી તૈયાર થયું હેાય તે બધું એ નળીમાં શેાષાઇ જાય છે. એ નળીને છૂટી પાડી પાછું વજન કરવાથી કેટલાં વજનનું પાણી તૈયાર થયું એ મળી શકશે. પાણીનું વજન મળે અને કૉપર ઑક્સાઇડના વજનનેા ઘટાડેા મળે, એટલે ઑક્સિજન અને હાઈડ્રોજનના વજનનું પ્રમાણ પાણીના વજનમાંથી ઑક્સિજનનું વજન બાદ કરતાં મળી શકશે.

પાણીનું કુલ વજન = $\frac{૧}{૯}$ ભાગનું હાઇડ્રોજનનું વજન + $\frac{૮}{૯}$ ભાગનું ઑક્સિજનનું વજન

ઑક્સિજન અને હાઇડ્રોજનના પરમાણુભારાંક (atomic weight) ઉપરથી પણ આ વસ્તુ તરી આવે છે.

$$2\ H_2O\ =\ 2\ H_2\ +\ O_2$$

$$૨ \times ૧૮ = ૨ \times ૨ + ૨ \times ૧૬$$

એ ઉપરથી ખાતરી થાય છે કે હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનના વજનનું પ્રમાણુ ૧ : ૮ નું છે.

૫. પાણીના ગુણધર્મો પાણી સ્વાદ વિનાનું, રંગ વિનાનું અને પારદર્શક હોય છે. પાણી 0° સે. એ ઘનમાંથી પ્રવાહી સ્વરૂપમાં આવે છે અને ૧૦૦° સે. એ ઊકળે છે અને વરાળ બને છે. ૪° સે. એ પાણીની ઘનતા મહુત્તમ (maximum) હોય છે. પાણી મંદ અગ્નિવાહક અને મંદ વિદ્યુતવાહક છે. પાણીની દ્રાવકશક્તિ વધુ હોવાથી ઘણા પદાર્થોને વત્તાઓછા પ્રમાણમાં ઓગાળી શકે છે. ઠંડા પાણીના કરતાં ગરમ પાણી વધુ પદાર્થ ઓગાળી શકે છે. પાણીમાં ઘન, પ્રવાહી અને વાયુ ત્રણે ઓગળી શકે છે. ઘન ક્ષારો (મીઠું, સાકર, ફટકડી, સુરોખાર વગેરે અનેક પદાર્થ) પાણીમાં ઓગળે છે. કેટલાક તેજાબ, આલ્કોહોલ વગેરે પ્રવાહી પાણીમાં ઓગળે છે. સોડાવૉટરમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ ઓગળેલો હોય છે. ઑક્સિજન, નાઇટ્રોજન, ક્લોરીન સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વગેરે વાયુ પાણીમાં ઓગળી જાય છે. પાણી હવામાં ભેજ રૂપે રહે છે. પાણી વનસ્પતિમાં, મનુષ્યના શરીરમાં, દૂધ, ફળફળાદીમાં પણ પ્રવાહી રૂપે રહેલું હોય છે. સ્ફટિક (crystal) માં પાણી ઘન સ્વરૂપે "સ્ફટિક-જળ (water of crystallisation)" તરીકે રહે છે.

સ્ફટિકમાં રહેલું પાણી સ્ફટિકને ગરમ કરવાથી નીકળી શકે છે. કેટલાક સ્ફટિકને (વૉશીંગ સોડા, સોડિયમ કાર્બોનેટ જેવા) હવામાં રાખી મકવાથી તેમાં રહેલું કેલાસીભવનનું પાણી ઊડી જાય છે અને એ સ્ફટિકોનો ભુકો બની જાય છે. આ ઘટનાને નિસ્રાવ અથવા એફ્લોરેસન્સ (efflorescence) કહેવામાં આવે છે.

આથી ઊલટું કેટલાક ક્ષાર એવા હોય છે કે જેને હવામાં રાખી મૂકવાથી પાણીને શોષી લઇને તેનું દ્રાવણ ઉત્પન્ન થાય છે. 'કૅલ્સિયમ ક્લોરાઇડ' નામના સ્ફટિકને હવામાં રાખી મૂકીએ તો તે હવામાંના ભેજને ચૂસી લે છે અને તે પાણીમાં એ ક્ષાર ધીમે ધીમે ઓગળી જાય છે. આ જાતના ગુણને ભેજગ્રાહકતા (hygroscopicity) અથવા ભેજ ચૂસવાનો ગુણ કહેવામાં આવે છે. ઘણીવાર ધૂળવાળા રસ્તા ઉપર આવા ભેજગ્રાહક (hygroscopic) પદાર્થો પાથરવામાં આવે છે અને તે હવામાંનો ભેજ ચૂસી લે છે એટલે રસ્તાની ધૂળ બહુ ઊડી શકતી નથી. હાઇડ્રોજનથી પાણી ઉત્પન્ન કરી તેને સંગ્રહ કરવા માટે પણ કૅલ્શિયમ ક્લોરાઇડથી ભરેલી નળી વાપરવામાં આવે છે. ફૉસ્ફરસ પેન્ટૉક્સાઇડ, સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ, મીઠું (સોડિયમ ક્લોરાઇડ) વગેરે અનેક વસ્તુ આવી જાતના ભેજગ્રાહકતાના ગુણવાળા સંયોજનો છે. કેટલાક પદાર્થો થોડા પ્રમાણમાં ભેજ સંગ્રહે છે, પરંતુ કૅલ્સિયમ ક્લોરાઇડ અને ફૉસ્ફરસ પેન્ટૉકસાઇડ જેવા પદાર્થ એટલો બધો બધો ભેજ ચૂસે છે કે તે ભેજમાં એ ક્ષારો ઓગળી જઇને અંતે પાણીનું દ્રાવણ ઉત્પન્ન થાય છે. આવા ગુણવાળા પદાર્થોને ભેજદ્રાવક કે ડેલિક્વેસન્ટ (deliquescent) પદાર્થ કહેવામાં આવે છે.

૬. કઠિન અને નરમ પાણી
Hard and soft water

પૃથ્વીના પડમાં વરસાદનું પાણી પચે છે અને ભિતરના માર્ગે અનેક સ્થળે મુસાફરી કરે છે. અંદર ઉષ્ણુતા વધુ હોવાથી પાણીમાં અનેક પદાર્થો વત્તાઓછા પ્રમાણુમાં ઓગળે છે અને દ્રાવણુ રૂપ પાણી પાછું ઊંચે આવે, ત્યારે ઠંડું પડવાથી અંદરના વધારાના ક્ષારનું ફેલાસીભવન (crystalisatson) થાય છે. એ રીતે જમીનમાં ક્ષારનો જથ્થો ભેગો થાય છે. એવા જમીનના પડમાં ભેગા થયેલા જથ્થાને ખનિજની ખાણુ કહીએ છીએ. આમ છતાં એ જમીનના પાણીમાં અમુક પ્રમાણુમાં ક્ષાર ઓગળેલા રહે છે. આવા જમીનમાં ઓગળેલા પાણીમાં ચાક (કૅલ્શિયમ ક્લોરાઇડ્) અમુક પ્રમાણુમાં ઓગળેલો હોય છે. ચોખ્ખા પાણીમાં ચાક ઓગળતો નથી; પરંતુ ડાયૉક્સાઈડ ભળેલા પાણીમાં ચાકના જેવા ક્ષાર વધારે પ્રમાણુમાં ઓગળે છે.

જો વરસાદના નિતર્યાં પાણીમાં સાબુથી હાથ ધોઇશું તો પુષ્કળ ફીણુ વળશે, પરંતુ એ પાણીમાં કૅલ્સિયમ ક્લોરાઈડ ઓગાળીએ તો તેમાં એટલા પ્રમાણુમા ફીણુ ઉત્પન્ન થશે નહિ. જે પાણીમાં ઝટ સાબુનું ફીણુ બને છે તે પાણીને નરમ (અથવા હલકું) પાણી (soft water) કહેવામાં આવે છે, અને જે પાણીમાં ફીણુ જલદી નથી થતું તે પાણીને કઠિન (અથવા ભારે) પાણી (hard water) કહેવામાં આવે છે.

શુદ્ધ સાબુ એ સોડિયમ ધાતુના ક્ષાર અને વનસ્પતિના ઍસિડ્ ફૅટી (ઍસિડ) નું મિશ્રણુ છે. પાણીને કઠણુ અથવા ભારે બનાવનાર કૅલ્સિયમ અને મૅગ્નેસિયમ ધાતુના દ્રાવ્ય

(soluble) ક્ષારો જ છે. ક્ષારો પાણીમાં હોય ત્યારે 'ફૅટી ઍસિડ' પાણીમાં ઓગળી શકતો નથી, ચોખ્ખું પાણી હોય તેમાં એ ઍસિડ ઝટ ઓગળી જાય છે અને તરતજ ફીણ વળવા લાગે છે.

જ્યાં સુધી કૅલ્શિયમના ક્ષાર હોય, ત્યાં સુધી ફૅટી ઍસિડની સાથે એનું સંયોજન થવાથી અદ્રાવ્ય ક્ષાર ઉત્પન્ન થાય છે; એટલે કૅલ્શિયમના ક્ષારનો સંપૂર્ણ અદ્રાવ્ય ક્ષાર ઉત્પન્ન થઈ રહે ત્યાર પછી જ સાબુનું ફીણ ઉત્પન્ન થવા લાગે છે. આ રીતે સાબુને ઓગાળવાથી કઠિન (અથવા ભારે) પાણી નરમ (અથવા હલકું) બને છે. દરિયાના પાણીમાં ઘણા પ્રમાણમાં મીઠું અને મૅગ્નેશિયમ ક્ષાર હોવાથી કઠિન પાણીની પેઠે વર્તે છે. કેટલાંક કઠણ પાણીને ગરમ કરવાથી તેમાં ઓગળેલા ક્ષારો આપમેળે અદ્રાવ્ય (insoluble) બને છે અને છૂટા પડી જાય છે. આવી રીતે કેટલાંક કઠિન પાણીને નરમ બનાવી શકાય છે. ચૂનાનું પાણી (કૅલ્શિયમ ઑક્સાઇડ) નાંખવાથી પણ કઠિન પાણીને નરમ બનાવી શકાય છે.

કેટલાંક પાણીને ગરમ કરવાથી નરમ બનાવી શકાતું નથી. એવાં પાણીને 'સ્થાયી કઠિનતાવાળું' પાણી (permanently hard) કહેવામાં આવે છે અને જે પાણીને ઉકાળવાથી અથવા સાબુ ઓગાળવાથી નરમ બનાવી શકાય તેવા પાણીને અસ્થાયી કઠિનતાવાળું (temporarily hard) પાણી કહેવામાં આવે છે. મૅગ્નેસિયમ ક્લોરાઇડ્, મૅગ્નેસિયમ સલ્ફેટ, કૅલ્સિયમ સલ્ફેટ જેવા ક્ષારો પાણીમાં ભળેલાં હોય તે "સ્થાયી કઠિનતા" ના કારણભૂત છે. ઉપર જણાવ્યા મુજબ પાણીને ઉકાળવાથી તેમાંની અસ્થાયી કઠિનતા આપણે દૂર કરી શકીએ છીએ. બહોળા પાણીની કઠિનતા દૂર કરવા આ રીત અનુકૂળ થતી નથી. વળી

આ ઉપાયથી સ્થાયી કઠિનતા (permanent hardness) પણ દૂર થઈ શકતી નથી. આથી બહોળા પાણીના જથ્થાની બન્ને જાતની કઠિનતા ધોવાનો સોડા (sodium carbonate) નાંખવામાં આવે છે. એનાથી નીચે પ્રમાણે ક્રિયા થાય છે અને પાણી નરમ બને છે.

કૅલ્સિયમ સલ્ફેટ + વૉશિંગ સોડા = કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ + સોડિયમ સલ્ફેટ

$$CaSO_4 + Na_2CO_3 = CaCO_3 + Na_2SO_4$$

આ રીતે અદ્રાવ્ય કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ ઉત્પન્ન થાય છે અને બાકીનો ભાગ દ્રાવ્ય હોવાથી પાણી નરમ બને છે.

૭. પીવાનું પાણી પીવાનું પાણી ઘણી અશુદ્ધિઓવાળું હોય છે અને તેને પીવા લાયક બનાવવા માટે ઉપચારો કરવાની જરૂર હોય છે. પાણીમાં રહેલી ઉદ્ભિજ (organic) અશુદ્ધિઓને દૂર કરવા કૂવામાં પોટાસિયમ પરમૅન્ગેનેટ નાંખવામાં આવે છે. પાણીને ગાળવાથી કેટલીક અદ્રાવ્ય અશુદ્ધિઓ દૂર થઇ શકે છે.

શહેરમાં વપરાતાં નળાનાં પાણીને શુદ્ધ કરવા માટે નીચે પ્રમાણેની વીધી કરવામાં આવે છે. પાણીમાં રહેલી તરતી અશુદ્ધિઓ (suspended matter) ને બેત્રણ દિવસ મોટી ટાંકીમાં ઠારવામાં આવે છે ત્યાર પછી એ પાણીને ગાળવાની ટાંકીમાં (filter tanks) માં લઈ જવામાં આવે છે. આ ટાંકીના તળિયાંમાં કોલસો અને રેતીના થર પાથરવામાં આવે છે. આથી પાણીમાંની અદ્રાવ્ય અશુદ્ધિઓ દૂર થઈ જાય છે. પાણીમાં જંતુ બૅકટેરિયા દૂર કરવા તેમાંથી ક્લોરીન કે ઑઝોન વાયુ પસાર કરવામાં આવે છે. એના વડે નુકસાનકારક ઉદ્ભિજ (organic) વસ્તુ તથા જંતુનો નાશ થાય છે.

સાર

૧. પાણીનું વિદ્યુત પૃથક્કરણ કરવાથી તે તેના બે ઘટકોમાં છૂટું પડે છે. ધન (+) છેડા ઉપર ઑક્સિજન ભેગો થાય છે અને ઋણ (−) છેડા ઉપર હાઇડ્રોજન ભેગો થાય છે. હાઇડ્રોજન વાયુનું કદ ઑક્સિજન કરતાં બેવડું હોય છે. બે ભાગ હાઇડ્રોજન અને એક ભાગ ઑક્સિજનના સંયોગથી પાણી પેદા થાય છે.

૨. જસતના ટુકડા ઉપર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ નાંખીએ તો તેમાંથી હાઇડ્રોજન વાયુ પેદા થાય છે. એને વિમોચન નળી દ્વારા પાણીને સ્થળાંતર કરી ભરી લેવામાં આવે છે.

૩. હાઇડ્રોજન રંગ, સ્વાદ અને ગંધ વિનાનો વાયુ છે. એ સૌથી હલકો વાયુ છે અને તેથી બલૂન એનાથી ભરવામાં આવે છે. હાઇડ્રોજન વાયુમાં વસ્તુ બળી શકતી નથી, પરંતુ હાઇડ્રોજન જાતે હવામાં અને ઑક્સિજનમાં બળી શકે છે. ચૂનાના પાણી અને લિટ્મસ કાગળ ઉપર એની અસર થતી નથી.

૪. પાણી ઘણી વસ્તુને ઓગાળે છે. પાણી અનેક ઉપયોગમાં આવે છે. જમીનમાં પચેલી જમીનમાં ક્ષાર ઓગળવાથી તે કઠિન બને છે. નરમ પાણીમાં સાબુનું ફીણ તુરત બંધાય છે, કઠિન પાણીમાં નથી બંધાતું. કઠિનતા સ્થાયી અને અસ્થાયી પણ હોય છે. અસ્થાયી કઠિનતા પાણીને ઉકાળીને દૂર કરી શકાય છે. સ્થાયી કઠિનતા દૂર કરવા પાણીમાં વૉશીંગ સોડા નાંખવો પડે છે. પીવાના પાણીની અશુદ્ધિ ઉકાળવાથી, પોટાસિયમ પરમેન્ગેનેટ નાંખવાથી, ક્લોરિન પસાર કરવાથી, બ્લિચિંગ પાઉડર નાંખવાથી અને ફિલ્ટર કરવાથી દૂર થાય છે.

પ્રકરણ ૯

કોલસો અને તેના સંયોજનો

Carbon and its Compounds.

૧. કાર્બનના સ્વરૂપો કાર્બન (કોલસો) દરેક જીવંત વસ્તુ (વનસ્પતી અને પાણી માત્રમાં) એક યા બીજે રૂપે રહેલો છે. વનસ્પતિ, માંસ, વગેરે વસ્તુને બાળતાં કોલસો ઉત્પન્ન થાય છે; ખાંડમાં પણ કોલસો હોય છે; સ્ટાર્ચ, અનાજ વગેરે સર્વમાં કોલસો હોય છે. એ દરેક ઉપર ગંધકનો જલદ તેજાબ (સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ) નાંખવાથી કોલસો ઉત્પન્ન થાય છે. કુદરતી રીતે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડમાં, ચનામાં, પથ્થરમાં, ચાકમાં આરસપહાણમાં, પરવાળામાં, ખનિજ તેલોમાં, ચરબી, તેલ, ઘી અને વનસ્પતિમાં પણ કાર્બન મળે છે. કાર્બન નીચે બતાવ્યા પ્રમાણે જુદા જુદા રૂપોમાં (allotropic form) મળી આવે છે.

કાર્બનના મુખ્ય સ્વરૂપો નીચેના છે.

(૧) **હીરો (Diamond)**:—હીરો એ કાર્બનનું શુદ્ધ સ્ફટિકનું સ્વરૂપ છે. હીરો રંગ વિનાનો, પારદર્શક અને સ્ફટિકરૂપ પદાર્થ છે. જગતમાં મળતી કોઇપણ વસ્તુ કરતાં એ વધુ સખત છે. એનો ઉપયોગ ઘરેણા તરીકે અને કાચ વગેરે વસ્તુને કાપવામાં થાય છે.હીરાને બાળતાં બિલકુલ અવશેષ રહેતો નથી અને બધા હીરાનો કાર્બન કર્યોક્સાઇડ થઇ જાય છે.

(૨) **ગ્રેફાઇટ (Graphite)**:—એ કાળો, લીસો, પોચો અને ચળકતો કાર્બન છે. એ કુદરતી સ્વરૂપમાં કેલિફોર્નિયા, હિંદુસ્તાન અને સિલોનમાં મળી આવે છે અને અસલ ઇંગ્લેન્ડમાં કમ્બરલેન્ડ પરગણાં-

- Corbon કાર્બન
  - સ્ફટિક Crystalline
    - હીરો Diamond
    - ગ્રેફાઇટ Graphite
  - અસ્ફટિક Non-crystalline
    - કોલસો Coal
    - ગૅસ કાર્બન Gas carbon
    - મેશ Lamp-black
    - કોયલો Charcoal
      - વનસ્પતિનો કોલસો Wood-charcoal
      - પ્રાણીજ કોલસો Bone charcoal
    - Coke ખનિજ કોલસી

માંથી ખૂબ જથ્થામાં મળી આવતો. હવે ઉત્તર અમેરિકામાં નિયાગરા પ્રદેશમાં બનાવટી ગ્રેફાઇટ પેદા કરવામાં આવે છે. એનો ખાસ ઉપયોગ પેન્સીલ બનાવવામાં થાય છે. લખવાની પેન્સીલની કાળી લેડ (black lead) હોય છે તે ગ્રેફાઇટને બ્લેક લેડ અથવા પ્લમ્બેગો (plumbago) પણ કહેવામાં આવે છે.

(૩) **વનસ્પતિનો કોલસો (Wood charcoal):**—વનસ્પતિની મોટી ભઠ્ઠી બનાવી હવા દાખલ નહિ થાય એમ બાળવામાં આવે, તો તેમાંથી એ કોલસો ઉત્પન્ન થાય છે. એ કોલસો પ્રમાણમાં પોચો અને અને છિદ્રાળુ હોય છે. બંધ વાસણમાં હવા બંધ કરી લાકડાંને ગરમ કરવામાં આવે તો પણ કોલસો બને છે અને બીજા કેટલાક પદાર્થો પણ મળે છે. જેવાં કે ડામર, એસિટિક ઍસિડ, સ્પિરિટ, વગેરે.

(૪) **પ્રાણીજ કોલસો (Animal Charcoal):**—હાડકાંને હવા ન મળે એમ બાળવામાં આવે તો આ કોલસો ઉત્પન્ન થાય છે. એ છિદ્રાળુ અને પોચો હોય છે, એટલે કેટલાક વાયુને ચૂસી લે છે. આથી દુર્ગંધ મારતા વાયુને દૂર કરવામાં એનો ઉપયોગ થાય છે. વળી સાધારણ મેલા રંગવાળી વસ્તુમાંથી રંગ દૂર કરવો હોય તો તેને એ કોલસામાંથી ગાળી કાઢવામાં આવે છે. ખાંડને ચોકખી કરવા આ જાતના કોલસામાંથી ખાંડના દ્રાવણને ગાળવામાં આવે છે.

(૫) **ખનિજ કોલસો (Coal):**—ખનિજ કોલસો જમીનના પડમાંથી મળી આવે છે. ઘણા પ્રાચીન કાળમાં વનસ્પતિના જંગલો ભૂમિમાં દટાઇ ગયેલાં હશે તેની ઉપર જમીનના દબાણથી અને ભીતરની ગરમીને લીધે વનસ્પતિનો કોલસો બની ગયો છે. કોલસો અને ઘણો ઘટ્ટ અને કઠણ છે. અને વિશેષ પ્રમાણમાં કાર્બન તત્ત્વ એમાં રહેલું હોય છે એટલે ઘણી ગરમી આપી શકે છે.

(૬) **કોલસી (કોક) અને ગૅસ કાર્બન (Coke and gas carbon):**—જ્યારે ખનિજ કોલસો બંધ વાસણમાં ખૂબ ગરમ કરવામાં આવે, ત્યારે તેમાંથી કોલ ગૅસ નીકળે છે અને કોલસી (coke) નીચે રહી જાય છે. એ

કોલસીમાં પણ કાર્બન તત્ત્વ ઘણું હોય છે એટલે બળતણ તરીકે ઘણો ઉપયોગી છે. તદ્દન બારીક ભુકાવાળો ભાગ સખત થર રૂપે તે વાસણ નીચે બાઝી જાય છે. તેને ગૅસ કાર્બન (gas carbon) કહેવામાં આવે છે. તે વિદ્યુતવાહક છે અને કાર્બન જ્યોત (arc lamp) બનાવવામાં પણ તેનો ઉપયોગ થઇ શકે છે.

(૭) **મેશ**:–હમેશાં મેશ (lamp black) તેલ, ઘી, ડામર, કેરોસીન એને બીજા એવા પદાર્થોને ઓછી હવામાં બાળવામાં આવે છે, ત્યારે તેમાંથી કાળી મેશ નીકળે છે. એ ઘણીજ બારીક હોય છે. છાપવાની શાહી બનાવવામાં તે વપરાય છે.

ઉપર દર્શાવેલા જુદા જુદા પ્રકારના કોલસાને બે વિભાગમાં વહેંચી નાખવામાં આવ્યા છે. સ્ફટિકરૂપે મળતા હીરા અને ગ્રેફાઇટ કોલસાને સ્ફટિક કૉલસો કહેવામાં આવે છે અને બાકીના પ્રાણીજ કૉલસો, ખનિજ કૉલસો, મેશ, ગેસ, કાર્બન વગેરેને અસ્ફટિક (amorphous) કાર્બન કહેવામાં આવે છે. ઉપરના દરેક પદાર્થો કાર્બનના જુદાં જુદાં સ્વરૂપ છે. એ બાબત દરેકને ઑક્સિજનમાં બાળવાથી કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ નામનો વાયુ ઉત્પન્ન થાય એમ બતાવવાથી સાબિત થાય છે. કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુને ચૂનાના નિતર્યાં પાણીમાં પસાર કરવાથી અદ્રાવ્ય કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ ઉત્પન્ન થાય છે અને તેથી ચુનાનું પાણી દૂધિયા રંગનું થાય છે.

કાર્બન + ઑક્સિજન = કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ

$$C + O_2 = CO_2$$

અને

કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ + કૅલ્શિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ (ચુનાનું પાણી) = કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ + પાણી

$$CO_2 + Ca(OH)_2 = CaCO_3 + H_2O$$

ઉપર દર્શાવ્યા પ્રમાણે એકજ તત્ત્વ અનેક રૂપે અસ્તિત્વ ધરાવતું હોય અને તેમના સાધારણ ભૌતિક (physical) ગુણોમાંજ ફેર પડતો હોય તે ઘટનાને ઍલોટ્રોપી (allotropy) કહેવામાં આવે છે.

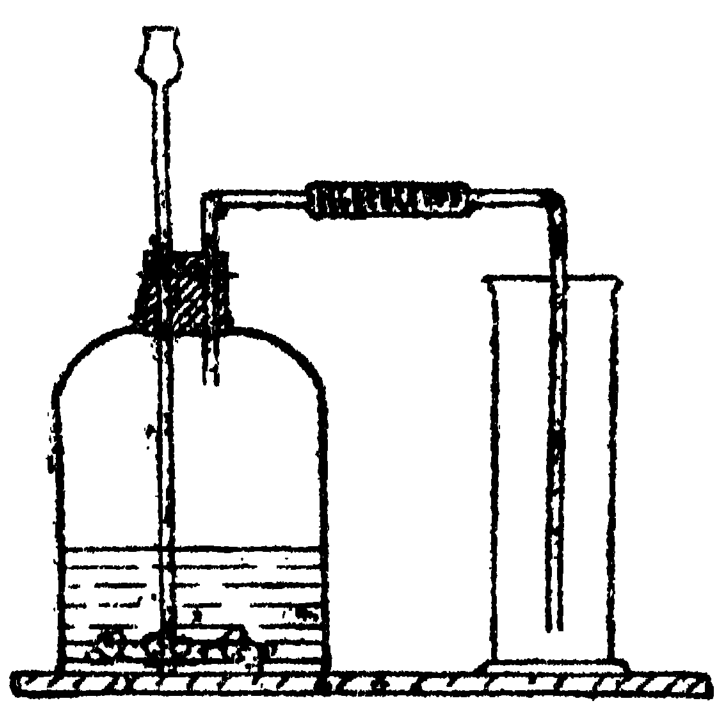
૨. કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ
Carbon dioxide.
CO_2

આ વાયુ જ્યારે વનસ્પતિ કે જીવંત વસ્તુ બળે ત્યારે ઉત્પન્ન થાય છે. સડેલી વનસ્પતિમાંથી પણ એ નીકળે છે. પ્રાણી માત્રના ઉચ્છ્વાસમાંથી એ બહાર પડે છે. ચાક, આરસપહાણ વગેરે કેટલાક કાર્બનના તત્ત્વોવાળા પથ્થરોને ગરમ કરતાં પણ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ મળી આવે છે.

નીચેના પ્રયોગ વડે એ વાયુ ઉત્પન્ન કરી શકાય છે,

પ્રયોગ (૨૭) મો:-એક કાચની બરણીમાં થોડા આરસપહાણના (કૅલ્સિયમ કાર્બોનેટ) અથવા ચાકના (ચુનાનો પથ્થર પણ ચાલે) ટુકડા નાંખી

આકૃતિ ૨૪



ઉપરથી થોડું પાણી રેડો. એ બરણીનું મોં બે કાંણાવાળા બૂચ વડે બંધ કરો. એક બુચમાંથી એક ગરણીવાળી નળી દાખલ કરો. નળી છેક પાણીની નીચે જવી જોઇએ. બીજી કાટખૂણે વળેલી નળીને બીજા કાણામાં દાખલ કરો અને તેનો બીજો છેડો એક નળાકારમાં બતાવ્યા પ્રમાણે નીચે ઉતારો. હવે ગરણીમાં થોડો હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ (hydrochloric acid) રેડો. નળાકારમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ ભેગો થશે અને એ ભારી હોવાથી હવાને સ્થળાંતર કરશે.

(૧):-નળાકારમાં ભેગા થયેલા વાયુમાં બળતી મીણબત્તિ ઉતારો અને તમારાં અવલોકનની નોંધ કરો. (૨):-એક હવાથી ભરેલા ખાલી નળાકાર ઉપર કાર્બન ડાયૉક્સાઇડનો નળાકાર ઉંધો વાળો. એ વાયુ નીચેના નળાકારમાં ઊતર્યો છે કે નહિ તેની આકૃતિ (૨૧) મુજબ ખાતરી કરો. (૩):-એક નાની બળતી મીણબત્તિ ઉપર એ વાયુથી ભરેલું નળાકાર ઊંધુ



થોમસ એ. એડીસન (૧૮૪૭-૧૯૩૫)



કાઉન્ટ ઍલેકઝાન્ડ્રો વૉલ્ટા (૧૭૪૫-૧૮૨૭)



માઇકલ ફૅરેડે (૧૭૯૧-૧૮૬૭)

વાળો. મીણબત્તિ બળતી રહે છે કે ? (૪):—એક માખાને એ વાયુથી ભરેલા નળાકારમાં નાંખો અને ઉપરથી નળાકાર બંધ કરો. માખીનું શું થાય છે. (૫):—એક ભીંજવેલું ભુરૂં લિટ્મસ કાગળ એમાં નાંખો અને તે ઉપર શી અસર થાય છે તેની નોંધ કરો.

કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ ચાક + હાઇડ્રો ક્લોરિક તેજાબ = કૅલ્શિયમ ક્લોરાઇડ્ + પાણી + કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ

$$CaCO_3 + 2HCl = CaCl_2 + H_2O + CO_2.$$

હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડને બદલે સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ નાંખીએ તો પણ ચાલી શકે. પરંતુ ચાકની ઉપર અદ્રાવ્ય (insoluble) કૅલ્શિયમ સલ્ફેટનું પડ બાઝી જવાથી થોડીવાર પછી રસાયણિક ક્રિયા બંધ પડે છે.

કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ્ + સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ = કૅલ્સિયમ સલ્ફેટ + પાણી + કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ

$$CaCO_3 + H_2SO_4 = CaSO_4 + H_2O + CO_2$$

ચાકને ખબ તપાવવાથી પણ આ વાયુ મળે છે. ચૂનાના કાંકરા, આરસપહાણ વગેરેને તપાવવાથી પણ એ વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે.

કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ = કૅલ્શિયમ ઑક્સાઇડ (ચૂનો) + કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

૩. કાર્બન ડાયૉક્સાઇડના ગુણ અને ઉપયોગ

આ વાયુ રંગ અને ગંધ વિનાનો પારદર્શક વાયુ છે. એ હવાથી ભારે વાયુ છે, એટલે ઊંચેથી નીચેના વાસણમાં રેડી શકાય છે. એકાદ બળતી મીણબત્તિ અગર દીવા ઉપર એ વાયુથી ભરેલું પાત્ર ઊંધુ

વાળીએ તો એ વાયુ ભારે હોવાથી નીચે ઉતરશે અને એ જ્વલન (burning) થવા દેતો ન હોવાથી દીવાને હોલવી નાંખે છે. એ વાયુથી ભરેલાં વાસણમાં મીણબત્તિ ઉતારીએ તો તે તુરતજ હોલાઇ જશે. એટલે ખાતરી થાય છે કે એ વાયુમાં જ્વલનકાર્ય થતું નથી. આથી આગ હોલવવામાં આ વાયુ વપરાય છે. એ વાયુ ઝેરી છે અને એમાં રહેલું જીવંત પ્રાણી મરી જાય છે. માખી જેવાં જંતુને એ વાયુથી ભરેલાં વાસણમાં નાંખીએ તો થોડીવારમાં ગુંગળાઇને મરી જાય છે.

પાણીમાં એ વાયુ ઓગળે છે અને તેથી સૉડાવૉટર વગેરે પાણીમાં ઘણા દબાણથી એ વાયુને ઓગાળવવામાં આવે છે. શ્વાસમાં લીધેલો કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ હાનીકારક છે, પરંતુ આહારમાં અથવા પીવામાં આવતો વાયુ જઠરમાં જતો હોવાથી ફાયદાકારક છે. એ વાયુ ભળેલાં પાણીમાં ભુરૂં લિટ્મસ રાતું થાય છે, એટલે એને ઍસિડ (કાર્બોનીક ઍસિડ ગૅસ) કહેવામાં આવે છે.

આ વાયુને ઘણી ઠડક ઉત્પન્ન કરી–૩૬° સે. ટેમ્પરેચર ઘન સ્વરૂપમાં લાવી શકાય છે, અને ઘણા ઉપયોગમાં આવતો હોવાથી એ વાયુને ઘન સ્વરૂપમાં સુકા બરફ (dry ice) તરીકે વેચવામાં આવે છે.

પ્રાણીમાત્રના શરીરમાં અસ્વચ્છ પદાર્થમાં કાર્બન રહેલો હોવાથી ઑક્સિજન સાથેની દહનક્રિયા વડે ઉચ્છ્શ્વાસમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ નીકળે છે. કાર્બન તત્ત્વની જરૂર હોવાથી પાંદડાં વાટે હવામાંનો કાર્બન ડાયાક્સાઇડ ચૂસે છે અને કાર્બન લઇ લીધા બાદ ઑક્સિજન પાછો બહાર કાઢે છે.

૪. કાર્બન મોનોકસાઇડ Carbon monoxide, CO

કેટલીકવાર કોલસાનું પૂરેપૂરૂં જ્વલન ન થાય ત્યારે કાર્બનનો એક પરમાણુ ઑક્સિજનના એક પરમાણુ સાથે જોડાય છે અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડને બદલે એક પરમાણુવાળો કાર્બન મોનૉક્સાઇડ વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ CO_2 વડે દર્શાવાય છે, અને કાર્બન મોનૉક્સાઇડ CO વડે દર્શાવવામાં આવે છે.

(ડાઇનો અર્થ બેવડો અને મોનોનો અર્થ એકવડો એમ થાય છે; એટલે ડાયૉક્સાઇડ બે પરમાણુવાળો ઑક્સાઇડ સૂચવે છે.)

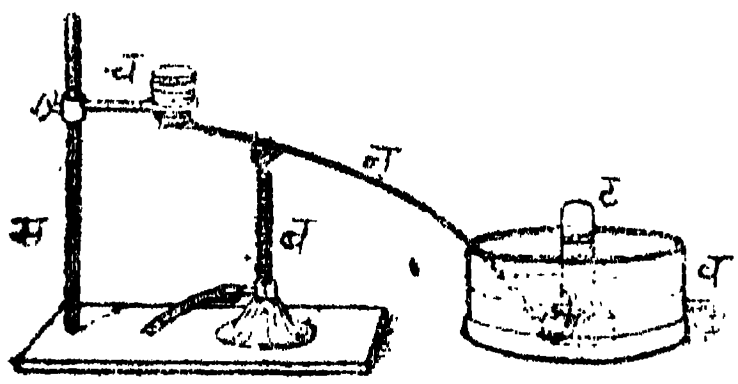
જ્યારે ખનિજ કોલસો અથવા સાદો કોલસો ભઠ્ઠામાં બળતો હોય ત્યારે ઝાંખી ભુરી જ્યોત તે ભડકામાં દેખાય છે. એ બળતો વાયુ કાર્બન મોનૉક્સાઇડ છે. જો એ સંપૂર્ણ બળી ન જાય અને શ્વાસમાં લેવામાં આવે તો ઘણોજ ઝેરી હોવાથી તુરત જ મૃત્યુ નીપજે છે. કોલસીને ગરમ કરી ઉપરથી પાણીની વરાળ પસાર કરવામાં આવે તો પાણીમાંનો ઑક્સિજન છૂટો પડીને કાર્બન સાથે મળી કાર્બન મોનૉક્સાઇડ ઉત્પન્ન થાય છે અને એની સાથે હાઇડ્રોજન પણ ઉદ્ભવે છે. આ બન્ને વાયુના મિશ્રણના વાયુને જલવાયુ (water gas) કહેવામાં આવે છે. એ વાયુને ગરમ કરેલા લોખંડના ઑક્સાઇડમાંથી પસાર કરવામાં આવે તો તેમાંનો ઑક્સિજન લઈ લે છે અને લોખંડને છૂટું પાડે છે. આથી એ વાયુને રીડ્યુસીંગ પદાર્થ (reducing agent) કહેવામાં આવે છે.

૫. કોલ ગૅસ

આકૃતિ (૨૫) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક ચૂંગી ચ ને એક લાંબી નળી ન લગાવીએ ચૂંગીના મુખમાં ખનિજ કોલસાનો ભુકો મૂકી ચૂંગીને

ખબ ગરમ કરવામાં આવે તેા ચૂંગીની નળી વાટે કોલગૅસ બીજે છેડે બહાર પડશે અને એક ઊંધા નળાકાર ટ માં ભેગેા કરાશે. એ વાયુ હુવામાં બળી શકે છે. આજ પ્રમાણે શહેરમાં

આકૃતિ ૨૫



બાળવાના ઉપયેાગમાં આવતેા કોલગૅસ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે. ખનિજ કોલસામાં હાઈડ્રોજન, સલ્ફર, ઑક્સિજન અને નાઈટ્રોજનના તત્વેા પણ વત્તાઓછા પ્રમાણમાં ભળેલાં છે. એ કોલસાને બંધ ભઠ્ઠીમાં ખૂબ તપાવવામાં આવે છે, એટલે એમાંથી કોલગૅસ, કોલટાર, ઍમેાનિયા વગેરે ગૅસ નીકળે છે. કોલટાર અને ઍમેાનિયા ગૅસ બહાર નીકળતાં થેાડે ઘણે અંશે ઠરી જાય છે અને બાકી રહેલેા ઍમેાનિયા વાયુ પાણી ઝરપતાં રાખેલા મેાટા ઓરડામાં ઓગળી જાય છે અને માત્ર કોલ ગૅસ બહાર નીકળે છે. એ વાયુને પાણીમાં ઊંધી વાળેલી મેાટી ટાંકીમાં રાખવામાં આવે છે, જ્યાંથી શહેરમાં નળ વાટે એ વાયુની વહેંચણી કરવામાં આવે છે.

કોલ ગૅસ ઘણા વાયુના મિશ્રણ રૂપે હેાય છે. મૂખ્ય ભાગમાં હાઇડ્રોજન, કાર્બન મેાનૅાક્સાઇડ, અને માર્શ ગસ જેવા વાયુ છે. એ સઘળા વાયુ પ્રકાશરહિત જ્યેાતથી બળે છે, પરંતુ પુષ્કળ ઉષ્ણુતા બહાર પાડે છે.

કોલટાર જેવી ઘન વસ્તુ જે પહેલી ઠરી જાય છે એનું વળી પાછું નિસ્યંદન (distillation) કરવામાં આવે તેા તેમાંથી બેન્ઝિન, ટેાલ્યુઇન, ફીનેાલ, નેપ્થેલીન (ડામરની ગેાળી બને તે) વગેરે ઉત્પન્ન થાય છે. બેન્ઝીન્‌માંથી ઍનિલીન રંગેા પેદા કરવામાં આવે છે.

૬. કાર્બનના સંયોજન
Compounds of carbon

કાર્બનના મૂખ્ય સંયોજનો નીચેના છે. (૧) ઑક્સાઇડઃ-કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ, કાર્બન મોનૉક્સાઇડ, (૨) કાર્બોનેટ્ (carbonates):—કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ્ ($CaCO_3$), સોડિયમ કાર્બોનેટ્ (Na_2CO_3), ઍમોનિયમ કાર્બોનેટ્ [$(NH_4)_2CO_3$] વગેરે સર્વ તત્ત્વોમાં (CO_3)નો એક ભાગ હોય છે. (૩) હાઇડ્રોકાર્બનસ (hydrocarbons):- કાર્બન અને હાઇડ્રોજનના સંયોજનથી ઉત્પન્ન થતાં સંયોજન, પેટ્રોલ, કેરોસિન વગેરે. (૪) કાર્બોહાઇડ્રેટ્સ અને આલ્કોહોલ્સ (carbohydrates and alcohols):-કાર્બન, હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનના સંયોજનોઃ-ખાંડ, સ્ટાર્ચ, આલ્કૉહૉલ વગેરે. (૫) ઉદ્ભિજ તેજાબો (organic acids):—આ સંયોજનોમાં કાર્બન, હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન રહેલો હોય છે. દાખલા તરીકે ટાર્ટારીક ઍસિડ, સાઈટ્રીક ઍસિડ વગેરે. આ અસિડોને આલ્કલી કાર્બોનેટ્સ (સોડિયમ કે પોટાશિયમ કાર્બોનેટ) જોડે ભેળવાથી રસાયણિક પ્રતિક્રિયા થાય છે અને પરિણામે સોડિયમ ટાર્ટારેટ અને સોડિયમ સાઇટ્રેટ જેવા ક્ષાર ઉત્પન્ન થાય છે.

૭. હાઇડ્રોકાર્બન
Hydrocarbon

આ જાતના કોલસાના સંયોજનો જમીનના પડમાંથી પુષ્કળ જથ્થામાં મેળવવામાં આવે છે. એમાં મુખ્યત્વે પેટ્રોલિયમનો ઉદ્યોગ આવે છે. રશિયા, અમેરિકા, બર્મા વગેરે દેશોમાં પેટ્રોલિયમનો મોટો ઉદ્યોગ ચાલે છે. પેટ્રોલિયમને જમીનમાંથી મિશ્ર અવસ્થામાં કાઢવામાં આવે છે. આ કાચાં પેટ્રોલિયમને નિસ્યંદન (distillation) ક્રિયા વડે સાફ કરવામાં આવે છે અને જુદાં જુદાં તેલોને તેમના ઉત્કલનબિંદુ

(boiling point)ના પ્રમાણનું ટેમ્પરેચર રાખી છૂટાં પાડવામાં આવે છે. એ ખનિજ પ્રવાહીમાંથી મૂખ્ય નિચેના દ્રવ્યો મેળવવામાં આવે છે.

(અ) પેટ્રોલિયમ (તેલો) ઇથર (petroleum ethers):- પેટ્રોલ આ પદાર્થ ૭૬°-૯૦° સે. ના ટેમ્પરેચરે નિસ્યંદન ક્રિયા કરવાથી છૂટું પડે છે. એનો ઉપયોગ દ્રાવક (solvent) તરીકે થાય છે. ચરબી અને તેલવાળા પદાર્થો એમાં જલદી ઓગળી જાય છે. આથી તેલી બીયાંમાંથી તેલ શોષીને છૂટું પાડવા માટે એ પદાર્થ વપરાય છે. પેટ્રોલનો બીજો મહત્વનો ઉપયોગ મોટર વગેરેના એન્જીનોમાં (આંતરદહન internal combustion) બળતણ તરીકે થાય છે.

(ब) પેટ્રોલિયમ નેપ્થાઃ-આ પદાર્થનું ૯૦°-૧૨૦°સે. ટેમ્પરેચરે નિસ્યંદન થઇ શકે છે. એનો ઉપયોગ પણ તેલીબીયાંમાંથી તેલ કાઢવા તથા ભારી એન્જીનમાં બળતણ તરીકે થાય છે.

(क) પેટ્રોલિયમ બેન્ઝીન (petroleum benzene):-આ પદાર્થ ૧૨૦°-૧૫૦° સે. એ છૂટો પડે છે. એના ગુણ પણ પેટ્રોલ ના જેવા જ છે અને એ કપડામાં રહેલા તેલ, મીણ કે ચરબીના ડાઘાને શોષી લે છે. એટલે એનો ઉપયોગ ડ્રાઇ ક્લિનીંગ (dry cleaning) માં થાય છે. એનો ઉપયોગ પણ મોટરના બળતણ તરીકે થાય છે.

ઉપરના સઘળાં તેલો પાણીથી હલકાં છે. પેટ્રોલ તેલ એકદમ સળગી જાય તેવું હોય છે, કારણ કે તે લગભગ ૭૦°સે. એ ઊકળે છે. હવાની સાથે એનો વાયુ ભળવાથી ધડાકા સાથે સળગે છે. મૉટરના એન્જીનમાં એક પિસ્ટનવાળી બંધ નળીમાં પેટ્રોલના વાયુ અને હવાનું મિશ્રણ વિદ્યુત-તણખા (electric

spark) વડે સળગાવવાથી ધડાકો થાય છે અને પિસ્ટન જોરથી ચાલુ થઈ જાય છે. પેટ્રોલથી પણ ઘણા ખરા કપડાંના ડાઘ ધોવાઇ શકે છે, એટલે એને પણ ડ્રાઇ ક્લિનીંગમાં વાપરવામાં આવે છે.

(૨) કેરોસિન (kerosene):—આ તેલ લગભગ ૧૫૦° થી ૩૦૦° સે. એ છૂટું પડે છે. ઘાસતેલના દીવામાં એ વપરાય છે. જમીનમાંથી નીકળતાં કાચાં (crude) તેલમાં લગભગ ૭૫ ટકા ભાગ કેરોસિનનો હોય છે. પેટ્રોલ સાધારણ ટેમ્પરેચરે પણ સળગી ઊઠે છે, પરંતુ કેરોસિનનું ઉત્કલનબિંદુ ઊંચું હોવાથી એટલું જલદી સળગી ઊઠતું નથી. એ તેલ પાણીથી હલકું છે અને પાણીમાં ભળતું નથી. આ તેલને લગભગ ૭૦° સે. જેટલું ગરમ કરીએ તો જ ઝટ સળગી ઊઠે છે. એ બળે છે ત્યારે તેમાંથી કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને પાણી ઉદ્ભવે છે.

(૩) સ્નિગ્ધ તેલ (lubricating oil) અને વેસેલિન (vaseline):–સ્નિગ્ધ તેલનો ઉપયોગ યંત્રોના પૈડાનું અને સંચાનું ઘર્ષણ (friction) ઓછું કરવામાં થાય છે. વેસેલિનને શુદ્ધ કર્યા પછી તેમાંથી મળતા મલમનો ઉપયોગ માથામાં નાંખવાના પોમેડ વગેરે બનાવવામાં થાય છે.

(૪) પેરેફીન (paraffin):—આ પદાર્થ પ્રવાહી હોય છે. એનો ઉપયોગ અનેક જાતની દવામાં, રેચ આપવામાં અને ઉદ્યોગોમાં થાય છે.

૮. કાર્બોનેટ્સ
Carbonates

કાર્બન અને ઑક્સિજનના તત્ત્વના સંયોગથી ઉત્પન્ન થયેલો CO_3 (એક અણુ કાર્બન અને ત્રણ ભાગ ઑક્સિજન)

વાળા પદાર્થને કાર્બોનેટ્ કહેવામાં આવે છે. ખાસ મહત્ત્વના કાર્બોનેટ્માં કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ્ ($CaCO_3$), સોડિયમ કાર્બોનેટ Na_2CO_3), એમોનિયમ કાર્બોનેટ્ [$(NH_4)_2CO_3$] વગેરે છે. કૅલ્સિયમ કાર્બોનેટ્ના અનેક પ્રકાર હોય છે. તેમાં ચાક, ચૂનાના પત્થર, આરસપહાણ, કૅલ્સાઈટ વગેરે પત્થર આવે છે. એ સર્વમાં કૅલ્સિયમ તત્ત્વ છે, એટલે એની હકીકત કૅલ્શિયમવાળા પ્રકરણમાં આપવામાં આવશે.

સોડિયમ કાર્બોનેટ્—સોડિયમ કાર્બોનેટ્ (sodium cabonate) અથવા વૉશીંગ સોડા (ધોવાનો ખાર) નીચે પ્રમાણે તૈયાર કરી શકાય છે. સોડિયમ ધાતુ ઓગળેલા બેઇઝ અથવા આલ્કલીમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ પસાર કરવાથી સોડિયમ કાર્બોનેટ ઉત્પન્ન થાય છે.

સોડિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ	+	કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ	=	સોડિયમ કાર્બોનેટ	+	પાણી
$2NaOH$	+	CO_2	=	Na_2CO_3	+	H_2O

વૉશીંગ સોડાના સ્ફટિક હોય છે અને અંદર લગભગ ૬૩ ટકા કેલાસીભવનનું પાણી (water of crystallisation) હોય છે, પરંતુ એના સ્ફટિક (crystal) ને હવામાં રાખતાં પાણી ઊડી જાય છે અને ભુકો થઇ જાય છે. આથી વૉશીંગ સોડાને નિસ્રવ (efflorescent) ક્ષાર કહેવામાં આવે છે. એ ક્ષાર પાણીમાં ઘણો જ દ્રાવ્ય (soluble) હોય છે. એનું દ્રાવણ સાબુના જેવું લાગે છે અને બેઝીક હોવાથી રાતાં લિટ્મસને ભુરૂં કરે છે. વૉશીંગ સોડા સાબુ બનાવવામાં અને ધોવાના કાર્યમાં પુષ્કળ પ્રમાણમાં વપરાય છે. એને કઠિન (hard) પાણીમાં

નાંખીએ તો તેને નરમ (soft) બનાવે છે. કાચ બનાવવામાં પણ એ ક્ષારનો ઉપયોગ થાય છે.

સોડિયમ બાઇકાર્બોનેટઃ—વૉશીંગ સોડાના દ્રાવણ (solution) માં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ પસાર કરવામાં આવે તો તેમાંથી સોડિયમ બાઇકાર્બોનેટ પેદા થાય છે. એનો ઉપયોગ રાંધવામાં થાય છે અને એને રાંધવાનો સોડા (baking soda) કહેવામાં આવે છે. પાણીમાં (કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ ઉત્પન્ન કરી) ઊભરો આવે એવાં પીણાં બનાવવામાં પણ એનો ઉપયોગ થાય છે. બાઇકાર્બોનેટના દ્રાવણમાં થોડું ઍસિડનું દ્રાવણ નાંખતાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ નીકળશે. પેટમાં ઍસિડ (પિત્ત) થયો થયો હોય તો સોડિયમ બાઇકાર્બોનેટ લેવામાં આવે છે.

સાર

૧. કાર્બન (કોલસા) ના ઘણા સ્વરૂપ હોય છે. હીરો અને ગ્રેફાઇટ એ સ્ફટિક સ્વરૂપ છે; અને કોલસી, કોલસો, ખનિજ કોલસો, મેશ વગેરે અસ્ફટિક સ્વરૂપ છે.

૨. કાર્બનને હવામાં બાળવાથી ઑક્સિજન સાથે સંયોગ થાય છે અને તેનો કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ બને છે. કૅલ્સિયમ કાર્બોનેટ (ચૂનાનો પથ્થર અથવા આરસપહાણ) ઉપર સલ્ફ્યુરિક તેજાબ નાંખવાથી કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ પેદા થાય છે.

૩. કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ રંગ, ગંધ અને સ્વાદ વિનાનો અને હવાથી ભારે વાયુ છે, એને એકથી બીજા વાસણમાં રેડી શકાય છે. એમાં ચૂનાનું નિર્મળ પાણી રેડીએ તો તે દૂધિયા રંગનું થઇ જાય છે. એ વાયુ ઝેરી છે. આપણા ઉચ્છ્વાસમાં એ વાયુ નીકળે છે. એની અંદર જ્વલન થતું નથી, એટલે બળતી વસ્તુ તેમાં

હોલવાઇ જાય છે. વનસ્પતિ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુને શ્વાસમાં લે છે, અને ઉચ્છ્વાસમાં ઑક્સિજન વાયુને બહાર કાઢે છે.

૪. કાર્બન પૂરેપૂરું જ્વલન ન થાય ત્યારે કાર્બનનો મૉનૉક્સાઇડ નામનો ઑક્સિજન સામેના અપૂર્ણ જ્વલનનો વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. એ વાયુ ઝેરી છે. એ રંગ વિનાનો અને સાધારણ ગંધવાળો વાયુ હોય છે. એને લોખંડના ઑક્સાઇડ ઉપરથી પસાર કરવામાં આવે તો તેમાંથી ઑક્સિજન લઇ લે છે અને તેથી એને રીડ્યુસીંગ પદાર્થ (reducing agent) કહેવામાં આવે છે.

૫. ખનિજ કોલસાને ગરમ કરવામાં આવે તો તેમાંથી કોલગૅસ પેદા થાય છે. એ ગૅસ બાળવાના કામમાં આવે છે. એ હાઇડ્રોજન, કાર્બન મૉનૉક્સાઇડ અને માર્શગૅસ જેવાના મિશ્રણરૂપે હોય છે.

૬. ધોવાનો સોડાખાર, ચુનાનો પથ્થર, આરસપહાણ વગેરે કાર્બોનેટના ઉદાહરણ છે. પેટ્રોલ, ઇથર, કેરોસિન, સ્નિગ્ધ તેલ, નેપ્થા અને પેરેફીન વગેરે પદાર્થો ખનિજ તેલ રૂપે હોય છે.

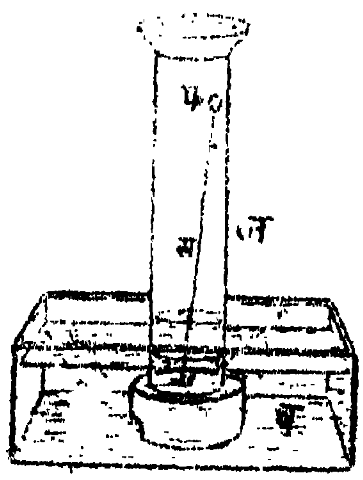
પ્રકરણ ૧૦

નાઇટ્રોજન Nitrogen

૧ નાઇટ્રોજન ક્યાં મળે છે? નાઇટ્રોજન અર્થાત્ તત્ત્વરૂપ શિથિલ વાયુ છે, અને હવામાં સેંકડે લગભગ ૭૯મા ભાગમાં ભળેલો છે. એ સિવાય જમીનમાં પણ ઘણા ક્ષારો સાથેના સંયોજનમાં એ ભળેલો હોય છે, અને ખાસ કરીને નાઇટ્રેટ્સ (નાઇટ્રોજન અને ઑક્સિજનના સંયોગવાળો NO_2 ભાગ ધરાવતાં પદાર્થો) ક્ષારોમાં ભળેલો છે. સોડિયમ અને પોટાસિયમ નાઇટ્રેટ એમાં મૂખ્ય છે. પોટાસિયમ નાઇટ્રેટ (નાઇટર કે સોલ્ટરપિટર, સુરોખાર) પંજાબ, સિંધ, બિહાર વગેરે પ્રદેશમાં મળે છે. સોડિયમ નાઇટ્રેટ, ચિલીનો સુરોખાર ખાસ કરીને અમેરિકામાં મળે છે. વનસ્પતિ અને પ્રાણી વગેરેમાં પણ નાઇટ્રોજન તત્ત્વ ઘણા પ્રમાણમાં હોય છે.

૨. નાઇટ્રોજન કેવી રીતે મેળવવો આગળ બતાવ્યું તેમ બંધ વાસણમાં કોઈપણ વસ્તુને બાળવાથી નાઇટ્રોજન વાયુ રહી જાય છે. સલ્ફર અને કાર્બન બાળીએ તો હવામાંનો ઑક્સિજન વપરાઇ જાય છે; પરંતુ એ બન્ને વસ્તુના ઑક્સાઇડ સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ (SO_2) અને કાર્બન ડાયૉક્સાઈડ (CO_2) નાઇટ્રોજન સાથે ભળેલા રહી જાય છે, એટલે ફૉસ્ફરસને બાળવાથી જ ચોખ્ખો નાઇટ્રોજન મળી આવે છે. આકૃતિ (૨૯) માં બતાવ્યા પ્રમાણે પાણીના મોટા વાસણમાં એક બંધ બરણી ઊંધી વાળી તેમાં એક તારને છેડે

આકૃતિ ૨૬



ફૉસ્ફરસ* રાખવામાં આવે તો ફૉસ્ફરસ પૅન્ટૉક્સાઇડ (P_2O_5) વાયુ ઉત્પન્ન થશે અને તે પાણીમાં ઘણોજ દ્રાવ્ય (soluble) હોવાથી ક્રમે ક્રમે પાણીમાં ઓગળી જશે અને બરણીમાં ચોકખો નાઇટ્રોજન રહી જશે. પાણી નળાકાર વાસણમાં ઊંચે ચઢશે.

નાઇટ્રોજન છટો પાડવાની બીજી રીત એક બંધ નળીમાં ગરમ કરેલાં તાંબાના ટુકડા ઉપરથી હવા પસાર કરવાની છે. તાંબુ ઑક્સિજન લઇ લે છે અને તાંબાનો આક્સાઇડ (CuO) બનાવે છે. નાઇટ્રોજન રહે છે, તેને સ્થળાંતર નળાકાર (displacement jar) માં ભેગો કરી શકાય છે.

હવાને પ્રવાહી બનાવી તેનું બાષ્પીભવન થવા દેવાથી નાઇટ્રોજન પહેલો ઊડી જાય છે, એટલે એ ભેગો કરી શકાય છે; ઑક્સિજન પાછળથી ઊડી જાય છે.

પ્રયોગશાળામાં નાઇટ્રોજન નીચેની રીતે તૈયાર કરવામાં આવે છે.

પ્રયોગ(૨૮):—ઍમોનિયમ નાઇટ્રાઇટનો થોડોક ભૂકો એક બરણીમાં નાંખો. એ બરણીને એક બૂચથી બંધ કરી તેમાં એક નળી દાખલ કરો. એ નળીને સ્થળાંતર નળાકાર (displacement cylinder)માં દાખલ કરો. હવે બરણીને ધીમી જ્યોતે ગરમી આપો. જેવો નાઇટ્રોજન બહાર નીકળવા માંડે એટલે તપાવવું બંધ કરો. એવી જ રીતે પાંચ સાત બરણીમાં વાયુ ભેકઠો કરો અને એના ગુણધર્મો તપાસો.

ઍમોનિયમ નાઇટ્રાઇટ = પાણી + નાઇટ્રોજન

$$NH_4NO_2 = 2H_2O + N_2$$

(૧) નાઇટ્રોજનના નળાકારમાં બળતી મીણબત્તિ રાખો. જ્વલન કાયમ રહે છે કે? (૨) એકાદ માખીને એ નળાકારમાં લાંબો વખત રહેવા દો. (૩) એમાં ચૂનાનું નિતર્યું પાણી, લિટ્મસ કાગળ વગેરે નાંખી જુઓ કે કંઇ ફેરફાર માલૂમ પડે છે કે? (૪) એ વાયુનો સ્વાદ, ગંધ અને રંગ તપાસો.

૩. નાઇટ્રોજનના ગુણધર્મ

નાઇટ્રોજન વાયુ રંગ વિનાનો, સ્વાદ વિનાનો, અદૃષ્ય અને પારદર્શક વાયુ છે. નાઇટ્રોજન અક્રિય (inactive) વાયુ છે, એટલે જ્વલન (burning) અથવા જીવન ટકાવી શકતો નથી, તેમજ જાતે પણ બળી શકતો નથી. હવામાં ઑક્સિજન સાથે વધારે પ્રમાણમાં ભળેલો હોવાથી ઑક્સિજનની જલદ અસરને શિથિલ બનાવે છે. એ ઝેરી નથી પરંતુ એ વાયુમાં કોઇ પ્રાણી જીવન ટકાવી શકતું નથી. એ અક્રિય હોવાથી લિટ્મસને અસર કરતો નથી, તેમજ ચૂનાના પાણીની ઉપર પણ કંઇ અસર કરતો નથી. ઘણાંખરાં તત્ત્વોની સાથે એ બહુ મુસબતથી ભળી શકે છે. નાઇટ્રોજનનો ખાસ ઉપયોગ વનસ્પતિ કરે છે. ઘણાંખરાં ખાતરમાં નાઇટ્રોજન મુખ્ય તત્ત્વ છે. નાઇટ્રોજન તત્ત્વવાળા ક્ષારમાંથી પ્રચંડ બળવાળો લડાયક દારૂગોળો પેદા કરવામાં આવે છે.

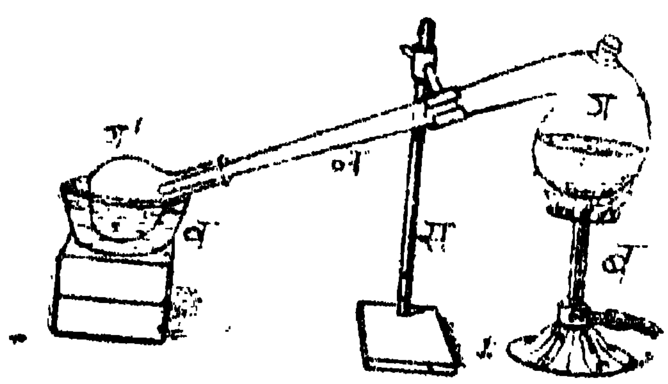
વનસ્પતિ હવામાંના છૂટા નાઇટ્રોજનને શોષી લે છે. હવામાંની વિદ્યુત વડે નાઇટ્રોજન ઑક્સાઇડ ઉત્પન્ન થાય તે પણ વનસ્પતિ સ્વિકારે છે. ખાતરમાંથી, જમીનમાંથી, ઝાડપાનના કોહવાણથી ઉત્પન્ન થતા ક્ષારમાંથી અને બનાવટી ખાતરમાંથી પણ નાઇટ્રોજન મળે છે. આ નાઇટ્રોજન વનસ્પતિને બાળવાથી છૂટો પાડી શકાય છે.

પ્રયોગ(૨૯):—આકૃતિ (૨૭)માં બતાવ્યા પ્રમાણે

૪. નાઇટ્રિક ઍસિડ એક રિટૉર્ટ (retort) કાચની નળીવાળી

Nitric acid બરણી ક લઇ તેમાં પોટાશિયમ નાઇટ્રેટના (સુરાખારના) થોડા સ્ફટિક નાંખો, અને

આકૃતિ ૨૭



ઉપરથી બહુ કાળજીપૂર્વક જલદ સલ્ફ્યુરિક તેજાબ રેડો. રિટૉર્ટની નળી ન ને એક બીજી પાણીમાં રાખેલી કાચની બરણી ગ માં દાખલ કરો, અને રિટૉર્ટને એક બર્નર વડે ખૂબ તપાવો. નીચે દર્શાવેલી રસાયણિક ક્રિયાથી નાઇટ્રિક ઍસિડ ઉત્પન્ન થાય છે તે બાજુની બરણીમાં ઠંડો પડી પ્રવાહી બને છે.

પોટાસિયમ નાઇટ્રેટ (સુરોખાર)	+	સલ્ફ્યુરીક ઍસિડ	=	પોટાસિયમ સલ્ફેટ	+	નાઇટ્રિક ઍસિડ

$$2\,KNO_3 + H_2SO_4 = K_2SO_4 + 2\,HNO_3$$

આ ક્રિયા કેટલીકવાર સંપૂર્ણ થતી નથી અને પોટાસિયમ સલ્ફેટને બદલે પોટાસિયમ હાઈડ્રોજન સલ્ફેટ ($KHSO_4$) અને નાઇટ્રિક ઍસિડ બને છે.

૫. નાઇટ્રિક ઍસિડના ગુણધર્મ અને ઉપયોગ નાઇટ્રિક ઍસિડ પણ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ જેવો જ જલદ તેજાબ છે અને ઘણીખરી ધાતુ સાથે એનું રસાયણિક સંયોગ થવાથી નાઇટ્રિટ્સ ઉત્પન્ન થાય છે. દાખલા તરીકે તાંબા ઉપર રેડવાથી નાઇટ્રેટ ઉત્પન્ન થાય છે, અને નાઇટ્રોજન અને ઑક્સિજનના સંયોગવાળો તપકીરિયા રંગનો વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે.

નાઇટ્રિક ઍસિડ ઑક્સિડાઈઝીંગ (oxidising) પદાર્થ છે અને ગરમ પદાર્થની સાથે સંયોગ થતાં તેમનું જ્વલન કરે છે અને ઍસિડમાંના ઑક્સિજનનો પદાર્થ સાથે સંયોગ થાય

છે. ખૂબ ગરમ કરેલા કોલસા અથવા ગરમ કરેલા લાકડાંના વહેર ઉપર નાઈટ્રિક ઍસિડ નાંખીએ તો તે એકાએક સળગી ઊઠે છે, અને નાઇટ્રિક ઍસિડમાંનો ઑક્સિજન વપરાય છે.

એ તેજાબ પાણીમાં દ્રાવ્ય છે અને અને એ પાણીના દ્રાવણમાં ભુરૂં લિટ્મસ રાતું બને છે. નાઇટ્રેટ્સના પણ ઍસિડિક (acidic) ગુણ છે.

નાઇટ્રિક ઍસિડનો ઉપયોગ કોલટારના રંગ બનાવવામાં, વાસણ સાફ કરવામાં અને નાઇટ્રોજન ઉત્પન્ન કરવામાં થાય છે.

૬. નાઇટ્રોજન ક્ષારો નાઇટ્રોજનના NO_2 વાળાં ભાગના નાઈટ્રાઇટ તથા NO_3 વાળાં ભાગના નાઈટ્રેટ એમ બે પ્રકારના ક્ષારો ઉત્પન્ન થાય છે. ઍમોનિયમ નાઇટ્રાઈટ (NH_3NO_2), સોડિયમ નાઇટ્રાઇટ ($NaNO_2$) સોડિયમ નાઇટ્રેટ ($NaNO_3$), પોટાસિયમ નાઇટ્રેટ (KNO_3) (સુરોખાર) તથા સિલ્વર નાઇટ્રેટ ($AgNo_3$) એ મૂખ્ય ક્ષારો છે. એ ક્ષારનો બહુ વિસ્તૃત પ્રમાણમાં ઉપયોગ થાય છે. સોડિયમ અને પોટાસિયમ નાઇટ્રેટ ક્ષારોનો ઉપયોગ બનાવટી ખાતર (artificial manure) તરીકે થાય છે. કુદરતી ક્ષાર તરીકે મળતા હોવાથી નાઇટ્રિક ઍસિડ બનાવવા માટે પણ એનો ઉપયોગ થાય છે. સિલ્વર નાઇટ્રેટ (કાડીખાર) ઘણો દાહક ક્ષાર છે, પરંતુ મંદ દ્રાવણ બનાવી દવામાં ખૂબ વપરાશમાં આવે છે.

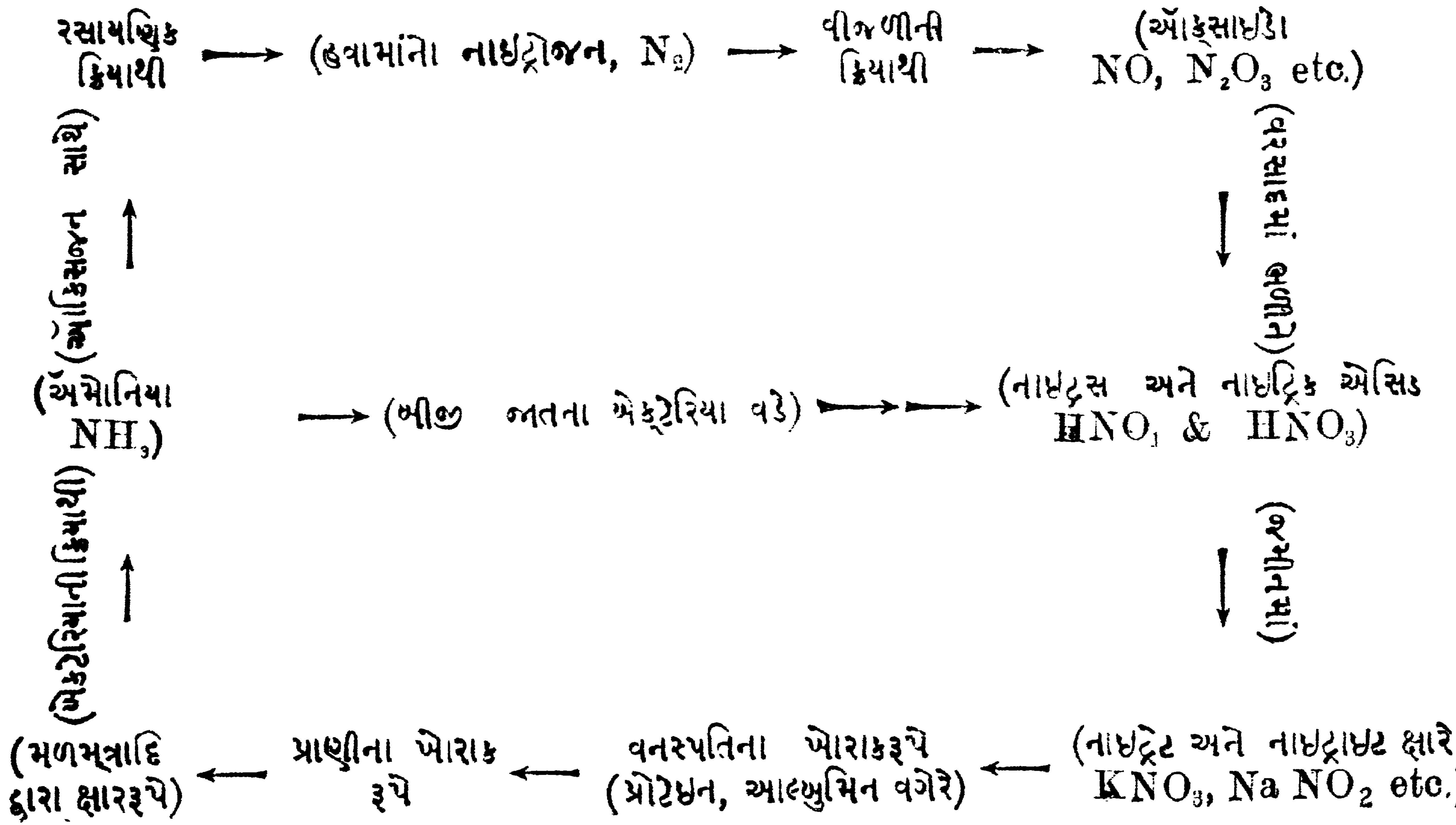
બિહારના પ્રદેશમાં વનસ્પતિના કોહવાણમાંથી આ ક્ષાર ઘણા બહોળા પ્રમાણમાં ઉત્પન્ન થાય છે. અમેરિકાના દક્ષિણના ચીલી પ્રદેશમાંથી સોડિયમ નાઇટ્રેટનો મૂખ્ય જથ્થો મળી આવે છે. નાઇટેટ પણ ઑક્સિડાઇઝીંગ પદાર્થ તરીકે ઉપયો-

ગમાં આવે છે અને તેથીજ કેટલાક નાઇટ્રેટનો ઉપયોગ દારૂગોળામાં થાય છે. એનો મોટો ઉપયોગ ખાતર તરીકે થાય છે.

૭. નાઇટ્રોજન ચક્ર
Nitrogen Cycle

નાઇટ્રોજન (combined) સંયોજિત સ્થિતિમાં તેમજ મૂક્ત (free) સ્થિતિમાં મળી આવે છે. એનું પ્રમાણ હવામાં ચોક્કસ હોય છે. પરંતુ મૂક્ત સ્થિતિમાંથી સંયોજિત સ્થિતિમાં તેનું રૂપાંતર થયા કરે છે. જ્યારે હવામાનમાં વીજળી થાય છે ત્યારે તેમાંથી નાઇટ્રોજન વિભક્ત થાય છે અને તેમાંથી નાઇટ્રોજનના ઑક્સાઈડ બનવા પામે છે. તે ઑક્સાઇડ વરસાદના પાણી જોડે મિશ્ર થઇને જમીન ઉપર આવે છે .અને જમીનની માટી સાથે ભળે છે. વનસ્પતિ આ નાઇટ્રોજનને મૂળિયાં વડે તેમના ખોરાક તરીકે શોષે છે અને તેમના પાન, થડ, બીજ વગેરેમાં સંગ્રહ કરે છે. એ વનસ્પતિનાં ખોરાકદ્વારા આપણે તથા બીજાં પ્રાણી નાઇટ્રોજન તત્ત્વવાળા વનસ્પતિના ખોરાકથી જ આપણે આપણા શરીરને જરૂર પૂરતો નાઇટ્રોજન મેળવી શકીએ છીએ. શરીરના સ્નાયુ વગેરે નાઇટ્રોજન વડે બંધાય છે. એ નાઇટ્રોજનનો થોડોક ભાગ મળમૂત્રાદિ દ્વારા પ્રાણીઓ પાછો બહાર કાઢે છે. આમાંનો કેટલોક નાઇટ્રોજન હવામાં ભળે છે, જ્યારે કેટલોક ખાતર તરીકે જમીનમાં ભળે છે અને પાછો વનસ્પતિના ઉપયોગમાં આવે છે. હવામાં ભળેલો નાઇટ્રોજન પણ પાછો વીજળીથી વિભક્ત થઇને પાછો જમીનમાં ભળે છે. આ રીતે નાઇટ્રોજનની એક ચક્રમાં આપલે થયા કરે છે અને તેથી આપણે આ ઘટના ને નાઇટ્રોજન ચક્ર (nitrogen cycle) કહીએ છીએ, અને તેને નીચે કોઠા રૂપે દર્શાવી છે.

નાઇટ્રોજન ચક્ર
Nitrogen Cycle



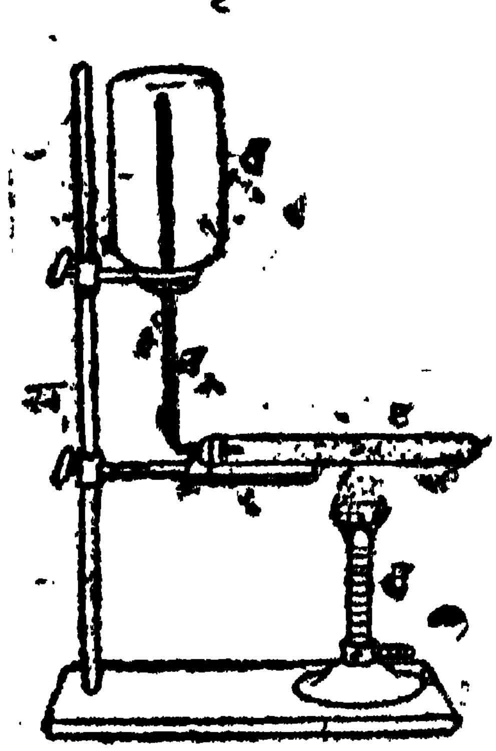
૮. ઍમોનિયા
Ammonia
NH_3

પ્રયોગ (૩૦):—ઍમોનિયમ ક્લોરાઇડ અને કૅલ્સિયમ હાઇડ્રોક્સાઇડ (નવસાર) ને ભીંજવીને એક કાચની નળીમાં આકૃતિ (૨૮) માં બતાવ્યા પ્રમાણે ખૂબ ગરમ કરો. આથી ઍમોનિયા વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે, એ હલકો હોવાથી ઊંધા (વાસણ) નળાકારમાં ભેગો થાય છે. (એમાં પાણીની વરાળ ભેગી થયેલી હોવાથી પ્રથમ એ વાયુ કૅલ્શિયમ ક્લોરાઇડથી ભરેલી નળીમાંથી પસાર કરી ભેજ દૂર કરવામાં આવે છે.)

$$2NH_4Cl + Ca(OH)_2 = CaCl_2 + 2H_2O + 2NH_3$$

એ વાયુનો સ્વાદ, રંગ અને ગંધ તપાસો. એમાં બળતી મીણબત્તિ દાખલ કરો. વાયુ બળે છે કે ? મીણબત્તિ એ વાયુમાં બળે છે કે? ચૂનાનું નિતર્યું પાણી લિટ્મસ પેપર નાંખી તપાસો.

આકૃતિ ૨૮



એ વાયું રંગ વિનાનો, અદૃષ્ય અને અને તિવ્ર (stringent) ગંધવાળો છે. હવાથી હલકો હોવાથી હાઇડ્રોજનની પેઠે ઊંધા વાસણમાં ભેગો કરી શકાય છે. એ વાયુમાં જ્વલન થઇ શકતું નથી એટલે બળતી મીણબત્તિ હોલાઇ જાય છે. ઍમોનિયા જાતે બળી શકે છે અને નળાકારનાં મૂખ આગળ પીળાશ પડતી જ્યોતથી બળે છે અને તેમાંથી નાઇટ્રોજન અને પાણી ઉત્પન્ન થાય છે.

ઍમોનિયા + ઑક્સિજન = નાઇટ્રોજન + પાણી

$$4NH_3 + 3O_2 = 2N_2 + 3H_2O$$

ઍમોનિયા વાયુ પાણીમાં ઘણો દ્રાવ્ય (soluble) છે એટલે એ વાયુથી ભરેલાં વાસણને ઊંધુ રાખીએ તો એ વાયુ

પાણીમાં ઓગળી જાય છે અને તેથી પાણી એ વાસણમાં ઊંચું ચઢશે. આવી રીતે થયેલા ઍમોનિયા દ્રાવણમાં રાતું લિટ્મસ ભુરૂં થાય છે એટલે ઍમોનિયા એક બેઇઝ ગણાય છે અને ઍસિડને શિથિલ (neutralise) કરે છે. ઍમોનિયાના દ્રાવણને ઍમોનિયમ હાઇડ્રોક્સાઇડ (NH_4OH) કહેવામાં આવે છે.

ઍમોનિયા વાયુને હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ સાથે ભેગો કરવાથી સફેદ ધૂમાડો ઉત્પન્ન થાય છે અને ઍમોનિયમ ક્લોરાઇડ (નવસાર) ક્ષાર ઉત્પન્ન થાય છે.

ઍમોનિયા + હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ = ઍમોનિયમ ક્લોરાઇડ (નવસાર)

$$NH_3 + HCl = NH_4Cl$$

એ ધૂમાડો ઠંડો પડતાં ઍમોનિયમ ક્લોરાઇડનો સફેદ ભુકો મળે છે. આજ પ્રકારનું સંયોજન ઍમોનિયમ દ્રાવણ અને ઍસિડના દ્રાવણને ભેગો કરતાં પણ ઉત્પન્ન થાય છે અને ક્ષાર દ્રાવ્ય હોવાથી પાણીનું બાષ્પીભવન કરવાથી એ ક્ષાર મળી આવશે. એ ક્ષારને સાલ-ઍમોનિયેક (sal-ammoniac) પણ કહેવામાં આવે છે.

ઍમોનિયમ ક્લોરાઇડનો ઉપયોગ દવામાં મૂખ્યત્વે થાય છે. લૅક્લાન્શે કોષ (બેટરી)માં એનું દ્રાવણ વાપરવું પડે છે. વાસણને કલાઇ (tin) કરવાં હોય તો પહેલાં નવસાર (ઍમોનિયા ક્લોરાઇડ) લગાડવામાં આવે છે, જેથી કલાઇ બરાબર ચોંટી જાય છે.

ઍમોનિયમ ક્લોરાઇડ અને કૉસ્ટિક સોડા (સોડિયમ ઑકસાઇડ) ની સાથે ભેળીને ગરમ કરતાં તેમાંથી ઝટ

ઍમોનિયા વાયુ નીકળે છે અને એથી એ રીત વધારે ઉપયોગમાં લેવાય છે.

ઍમોનિયા વાયુને સુંઘવાનો ક્ષાર (smelling salt) કહેવામાં આવે છે. શરદી થઇ હોય તો એના દ્રાવણમાંથી વાયુ નીકળે તે સુંઘવાથી ફાયદો થાય છે.

ઍમોનિયા વાયુને નાઇટ્રિક ઍસિડ સાથે ભેળવાથી ઍમોનિયમ નાઇટ્રેટ ઉત્પન્ન થાય છે. સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ સાથે ભેળવાથી ઍમોનિયમ સલ્ફેટ બને છે.

ઍમોનિયા + નાઇટ્રિક ઍસિડ = ઍમોનિયમ નાઇટ્રેટ

$$NH_3 + HNO_3 = NH_4NO_3$$

ઍમોનિયા + સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ = ઍમોનિયમ સલ્ફેટ

$$2NH_3 + H_2SO_4 = (NH_4)_2SO_4$$

ઍમોનિયમ સલ્ફેટ ખાસ કરીને ખાતર તરીકે વધુ ઉપયોગમાં આવે છે.

સાર

૧. ઑક્સિજનને જવલન કરી દૂર કરવાથી અથવા ઍમોનિયમ નાઇટ્રાઇટ ક્ષારને ગરમ કરવાથી નાઇટ્રોજનના વાયુ પેદા થાય છે એ વાયુ ગંધ, રંગ અને સ્વાદ વિનાનો અક્રિય વાયુ છે. એની અંદર જવલન થતું નથી. એ ઝેરી નથી, છતાં અક્રિય હોવાથી એમાં જીવન ટકતું નથી. ચૂનાના પાણી કે લિટ્મસ પેપર ઉપર એની અસર થતી નથી.

૨. હવામાં વીજળી વડે નાઇટ્રોજનના ક્ષાર પેદા થાય છે, તે જમીનમાં ભળે છે અને વનસ્પતીને ખોરાક પૂરો પાડે છે. વનસ્પતીને પ્રાણી ખાય છે અને તેના અવશેષમાંથી પાછો નાઇટ્રોજન પેદા થઇ હવામાં ભળે છે.

૩. નાઇટ્રિક ઍસિડ પેાટાસિયમ નાઇટ્રેટ અને સલ્ફયુરિક ઍસિડના મિશ્રણને ગરમ કરવાથી મળે છે. એ જલદ તેજાબ છે. એની સાથે ધાતુને સંયેાગ થવાથી તેના નાઇટ્રેટ બને છે. એનેા ઉપયેાગ કેાલટારના રંગ બનાવવામાં, વાસણ સાફ કરવામાં અને નાઇટ્રોજન મેળવવામાં થાય છે.

૪. નાઇટ્રોજનના સેાડિયમ અને પેાટાસિયમ નાઇટ્રેટ ક્ષારેા ખાતર તરીકે ઉપયેાગમાં આવે છે. સિલ્વર નાઇટ્રેટ ક્ષાર દવામાં વપરાય છે. ઍમેાનિયમ કુલેારાઇડ અને કેલ્સિયમ હાઇડ્રોક્સાઇડને ગરમ કરવાથી ઍમેાનિયમ વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે. એ વાયુ જલદ ગંધ વાળેા, રંગ વગરનેા વાયુ છે. એના ક્ષારેામાં ઍમેાનિયમ કુલેારાઇડ તથા ઍમેાનિયમ સલ્ફેટ મૂખ્ય છે. ઍમેાનિયમ કુલેારાઇડ (નવસાર) લેકલાન્શે કેાષમાં, તેમજ કલાઇ કરવા માટે વપરાય છે. ઍમેાનિયમ સલ્ફેટ ખાતરમાં ઉપયેાગી થાય છે.

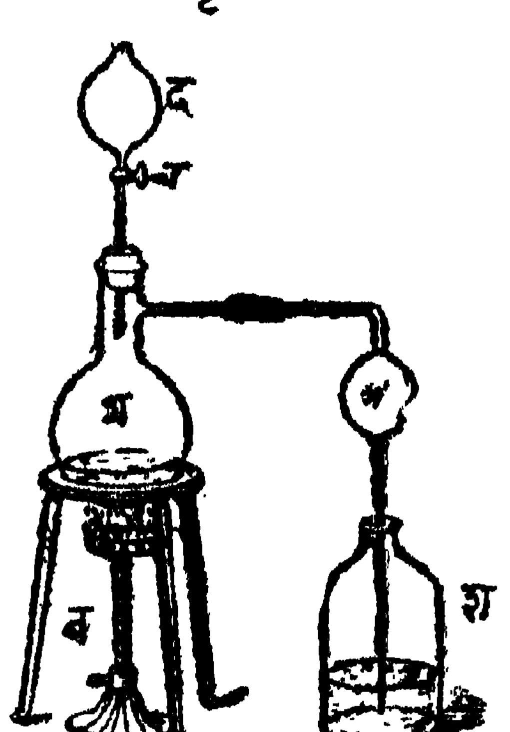
પ્રકરણ ૧૧

ક્લોરીન, Chlorine

૧ ક્લોરીન કેવા રૂપમાં મળી આવે છે? ક્લોરીન વાયુ અનેક ક્ષારમાં સંયોજિત થયેલો મળી આવે છે. સમુદ્રમાં ઓગળેલાં મીઠાં (sodium chloride) માં ક્લોરીન છે; અને મૅગ્નેસિયમ ક્લોરાઇડ નામના સમુદ્રમાં મળતા ક્ષારમાં પણ ક્લોરીન (chlorine) રહેલો છે.

૨. ક્લોરીન વાયુ કેમ તૈયાર કરવો પ્રયોગઃ—આકૃતિ (૨૯) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક કાચની બરણીમાં કાળો મૅન્ગેનિઝ ડાયૉક્સાઇડ (MnO_2) અને હાઇડ્રોક્લોરીક ઍસિડ (HCl) નું મિશ્રણ નાંખો અને બરણીને એક નળીવાળા બૂચથી ચુસ્ત રીતે બંધ કરો. હવે આ મિશ્રણને ગરમ કરો તેમાંથી ક્લોરીન વાયુ નીકળે છે. આ વાયુ પાણીમાં ઓગળતો હોવાથી સુકી ભેજ વિનાની હવા હોય તેવાં વાસણમાં ભેગો કરો. એ વાયુના ગુણધર્મો તપાસો.

આકૃતિ ૨૯



વાયુ પીળાશ પડતા રંગનો છે, અને ઘણીજ તિવ્ર શ્વાસ રૂંધનારી ગંધવાળો હોય છે. એ પાણીમાં ઓગળે છે. એમાં બળતી મીણબત્તિ ઉતારી હોય તો તે ધૂમાડા સાથે બળે છે. એ વાયુમાં હાઇડ્રોજન પણ બળે છે. એ ઘણા રંગને વિરંજન (bleach) કરે છે અથવા નાશ કરે છે. નીચે પ્રમાણે રસાયણિક ક્રિયા થાય છે

અને મૅન્ગેનિઝ ક્લોરાઇડ, પાણી અને ક્લોરીન વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે.

મૅન્ગેનિઝ ઑક્સાઇડ	+	હાઇડ્રોક્લોરીક ઍસિડ	=	મૅન્ગેનિઝ ક્લોરાઇડ	+	પાણી	+	ક્લોરીન
MnO_2	+	$4HCl$	=	$MnCl_2$	+	$2H_2O$	+	Cl_2

મીઠાં (સોડિયમ ક્લોરાઇડ) નું વિદ્યુત પૃથક્કરણ (electrolysis) કરવાથી પણ ક્લોરીન છૂટો પાડી શકાય છે.

૩. ક્લોરીન વાયુનો ઉપયોગ

ક્લોરીન વાયુનો મૂખ્ય ઉપયોગ બ્લિચીંગ (bleaching, રંગ અને મેલ દુર) કરવામાં થાય છે. મેલ અને રંગના પદાર્થોની સાથે ભેજ રૂપે પાણી હોય, ત્યારેજ એ રસાયણિક સંયોગ કરે છે અને રંગના પદાર્થ અને મેલને ઑક્સિડાઇઝ કરી છૂટો પાડે છે. પાણીમાંનો ઑક્સિજન ક્લોરીન વડે છૂટો પડે છે અને રંગીન પદાર્થનું ઑક્સિજન સાથે સંયોજન કરે છે. આ રીતે ક્લોરીન ઑક્સિડાઇઝીંગ પદાર્થ છે તેથી મેલને દૂર કરે છે. સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ પણ બ્લિચીંગ કાર્યમાં રંગ કે મેલ દૂર કરવાના એટલે કે વિરંજન કાર્યમાં ઉપયોગમાં આવે છે. પરંતુ ક્લોરીન ઘણોજ જલદ પદાર્થ હોવાથી રેશમ, ઊન અને ફૂલ વગેરે નાજુક વસ્તુને વિરંજન કરવાં સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ (SO_2) વાપરવામાં આવે છે. બન્ને પદાર્થમાં ક્લોરીન સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ કરતાં વધારે જોરવાળો શુદ્ધ કરનાર પદાર્થ છે અને ક્લોરીન વડે કાયમનું બ્લિચીંગ થાય છે. જ્યારે સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વડે અસ્થાયી (temporary) બ્લિચીંગ થાય છે. બન્ને વડે કપડાં સાફ કરવા માટે ભેજ

તદ્દન આવશ્યક છે, એટલે કપડાંને ભીંજવીને ઉપરથી એ વાયુ પસાર કરવામાં આવે છે.

ક્લોરીન વાયુ ઑક્સિડાઈઝીંગ પદાર્થ છે એટલે રંગને ઑક્સિજન આપી છૂટો પાડે છે, જ્યારે સલ્ફર ડાયૉક્સાઈડ રીડ્યુસીંગ પદાર્થ હોવાથી રંગ અને મેલવાળાં પદાર્થને પાણીનો હાઈડ્રોજન આપીને છૂટો પાડે છે.

એ વાયુને જંતુનાશક (disinfectant) વાયુ તરીકે વાપરી શકાય છે, અને એથી શહેરના બહોળા પાણીને ચોખ્ખું કરવા તેમાં થોડા ક્લોરીન વાયુને ભેળવામાં આવે છે.

આ વાયુ પાણીમાં તુરતજ ઓગળી જાય છે અને ભુરાં લિટ્મસને રાતો કરે છે. હાઇડ્રોજન સાથે રાખી ગરમ કરવાથી ધડાકા સાથે હાઈડ્રોક્લોરીક ઍસિડ ઉત્પન્ન થાય છે.

૪. બ્લિચીંગ પાઉડર (વિરંજન ક્ષાર) Bleaching powder.

ભીના કળી ચૂના (slaked lime) નો એક ઓરડામાં ત્રણ કે ચાર ઇંચિનો થર બાંધવામાં આવે છે. ઓરડામાં ક્લોરીન વાયુ છોડવામાં આવે છે અને કળી ચૂનામાં ચાસ પાડી વારંવાર ઉથલપાથલ કરવામાં આવે છે, એટલે ઝડપથી ક્લોરીન વાયુ શોષાઇ જાય છે. આ રીતે ૧૨ થી ૨૪ કલાક સુધી આ ચૂનાને રાખવામાં આવે છે, એટલે બ્લીચીંગ પાઉડર તૈયાર થાય છે. એ ઓરડામાં થોડો ક્લોરીન વાયુ બાકી રહ્યો હોય તેને શોષવા માટે ચૂનાનો બારીક ભુકો ઉરાડવામાં આવે છે. જ્યાં સુધી ક્લોરીન ભર્યો હોય ત્યાં સુધી ઓરડો તદ્દન બંધ રાખવામાં આવે છે. બ્લિચીંગ પાઉડરમાં ૩૦ થી ૪૦ ટકા ક્લોરીન રહેલો હોય છે.

જે કપડાંનો રંગ કાઢવો હોય તેને બ્લિચીંગ પાઉડરના દ્રાવણમાં ઝબકોળવામાં આવે છે, અને ત્યાર પછી સલ્ફ્યુરિક અથવા હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડના ઘણાજ મંદ (dilute) દ્રાવણમાં બોળવામાં આવે છે, એટલે કપડાંનો મેલ અને રંગ દૂર થાય છે. બ્લિચીંગ પાઉડર લાંબો વખત રહેવા દેવાથી તેમાંનો ક્લોરીન વાયુ ઊડી જાય છે એટલે તાજો પાઉડર વાપરવો સારો. નાના જથ્થામાં પાણીને શુદ્ધ કરવા માટે ક્લોરિન વાયુને પસાર કરવાને બદલે પાણીમાં બ્લિચીંગ પાઉડર નાંખવામાં આવે છે. આમ કરવાથી એ પાઉડરમાંનો ક્લોરીન વાયુ છૂટો પડે છે અને પાકને જંતુવિમુક્ત બનાવે છે.

૫. હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ Hydrochloric acid HCl

આકૃતિ (૩૦) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક કાચની બરણીમાં ભેજ વિનાનું મીઠું (સોડિયમ ક્લોરાઇડ) નાંખો અને એક બૂચમાંથી બતાવ્યા પ્રમાણે એ નળી બેસાડી હોય તે વડે બરણી બંધ કરો અને ગરણી વાટે પાણી અને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના સરખા ભાગનું દ્રાવણ રેડો. હવે એ મિશ્રણને ધીમે તાપે ગરમ કરો. હાઇડ્રોક્લોરીક ઍસિડનો વાયુ વાંકી નળી વાટે બાજુના ઊભાં રાખેલા નળાકાર (cylinder)માં ભેગો થશે, કારણ કે તે હવાથી ભારે છે. નળાકારને મથાળે ભુરૂં લિટમસ રાખો. જ્યારે તે રાતું થાય કે તરત નળાકારને કાચની પ્લેટથી બંધ કરો અને એવી રીતે બીજા જરૂર પડતા નળાકાર ભરી લો. એ વાયુના ગુણધર્મો તપાસો.

સોડિયમ ક્લોરાઇડ (મીઠું) + સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ = સોડિયમ સલ્ફેટ + હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ

$$2NaCl + H_2SO_4 = Na_2SO_4 + 2HCl$$

૬. હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડના ગુણધર્મ

જો હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડથી ભરેલાં વાસણમાં બળતી મીણબત્તિ ઊતારીએ તો એ બળતો નથી તેમજ જ્વલનને મદદ પણ કરતો નથી, એટલે ખાતરી થશે કે વાયુમાં જ્વલનક્રિયા થતી નથી તેમજ વાયુ પણ બળી શકતો નથી. ભુરૂં લિટ્મસ સહેજ ભીંજાવી નળાકારમાં નાંખવાથી રાતું થાય છે, એટલે એ વાયુ ઍસિડ છે એમ ખાત્રી થાય છે. જો નળાકારને ખૂલ્લો કરીએ તો હવામાંના ભેજને એકદમ ચૂસી લેતો હોવાથી ધૂમાડો ઉત્પન્ન થતો દેખાય છે. જો એ વાયુથી ભરેલાં એક નળાકારને પાણીના વાસણમાં ઊંધો વાળી ખૂલ્લો કરીએ તો અંદરનો હાઇડ્રોક્લોરિક વાયુ એકદમ પાણીમાં ઓગળી જાય છે અને વાસણમાનું પાણી આખા વાસણને ભરી દે છે. એ પાણી ઍસિડ તરીકે વપરાય છે. ઘણુંખરૂં આ વાયુને ઉપયોગમાં લેતી વખતે પાણીમાં ઓગાળી ઍસિડના દ્રાવણનેજ વાપરવામાં આવે છે, અને એ દ્રાવણને હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડનું દ્રાવણ અથવા ટૂંકમાં હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ કહેવામાં આવે છે. એ ઍસિડને ઝીંક (જસત) અથવા લોખંડ ઉપર નાંખતાં હાઇડ્રોજન વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે.

ઝીંક + હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ = ઝીંક ક્લોરાઇડ + હાઇડ્રોજન

$$Zn + 2HCl = ZnCl_2 + H_2$$

એજ પ્રમાણે લોખંડમાંથી આર્યન ક્લોરાઇડ, એને હાઇડ્રોજન ઉદ્ભવે છે. આ બન્ને ક્લોરાઇડ્સ દ્રાવણમાં ઓગળેલા તેવા હોય છે. પાણીનું કાળજીપૂર્વક બાષ્પીભવન કરવાથી અને કેલાસીભવન કરવાથી ક્લોરાઇડ્સ સ્ફટિકો મળી આવે છે.

હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનને સરખા કદમાં ભેગા કરી ગરમ કરવાથી અથવા સૂર્યના તાપમાં મૂકવાથી પણ હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ બને છે. અમુક દ્રાવણમાં એ ઍસિડ રહેલો છે એ ચોક્કસ રીતે જાણવા તે દ્રાવણને મૅન્ગેનિઝ ડાયૉક્સાઇડ (MnO_2) સાથે ગરમ કરવું, એટલે અંદરથી ક્લોરીન વાયુ નીકળશે અને તેની ગંધ ઉપરથી એ દ્રાવણ હાઇડ્રોક્લોરીક ઍસિડનુંજ છે એમ ખાતરી થશે.

$$(MnO_2 + 4HCl = MnCl_2 + Cl_2 + 2H_2O)$$

જો આ ઍસિડમાં સિલ્વર નાઇટ્રેટ (રૂપાનો નાઇટ્રેટ $AgNO_3$) નાંખવામાં આવે તો તેમાંથી સિલ્વર ક્લોરાઇડ થાય છે અને એ ક્ષાર અદ્રાવ્ય હોવાથી સફેદ ભેળ (precipitate) ઉત્પન્ન કરશે. એ ભેળ નાઇટ્રિક ઍસિડ નાંખતા પણ પાછો દ્રાવ્ય (soluble) બનતો નથી.

૭. ત્રણ ઍસિડને પારખવાની રીત

ધારો કે ત્રણ ઍસિડ આપ્યા હોય (સલ્ફ્યુરીક, નાઇટ્રિક અને હાઇડ્રોક્લોરિક) તો એ ત્રણે નીચે પ્રમાણે જુદા પાડી શકાશે. ત્રણેમાં સિલ્વર નાઇટ્રેટ નાંખવાથી જેમાં સફેદ ભેળ (precipitate) ઉત્પન્ન થાય તે હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ છે એમ ખાતરી થશે. હવે રહ્યા તે બેમાં બેરિયમ નાઇટ્રેટ નાંખવાથી સફેદ ભેળ ઉત્પન્ન થશે તે સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ છે અને બાકી રહ્યો તે નાઇટ્રિક ઍસિડ છે.

૮. ક્લોરાઇડ્સ Chlorides

હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડને ધાતુ અથવા બેઇઝ સાથે ભેળવાથી જે ક્ષાર ઉત્પન્ન થાય છે તે ક્લોરાઇડ્સ છે. આવા ક્લોરાઇડ્સમાં

મૂખ્ય સોડિયમ ક્લોરાઇડ (મીઠું) છે અને સમુદ્રના પાણીમાંથી મીઠાંના અગર બનાવી પુષ્કળ જથ્થામાં મીઠું તૈયાર થાય છે. મીઠું એ જીંદગીની જરૂરિયાતની મહત્વની વસ્તુ છે. ખોરાકને સ્વાદ આપવા, ઘી, ચટણી, માખણ, માંસ વગેરે વસ્તુને લાંબો વખત જાળવી રાખવામાં એનો ઉપયોગ થાય છે. એના ચોરસ બાજુવાળા સ્ફટિક ઉત્પન્ન થાય છે. શંખજીરૂં (rock-salt) એ જમીનમાંથી મળી આવતું મીઠું છે અને એના સ્ફટિક ઘણા મોટા થાય છે. એ સ્ફટિકોમાં કેલાસીભવનનું પાણી (water of crystallisation) હોતું નથી એટલે એને ગરમ કરવાથી પાણીની વરાળ નીકળતી નથી, માત્ર ગરમીથી એ સ્ફટિકો તડતડ અવાજ કરી ભાંગી જઇ ફૂટે છે. મીઠું અને ઘણાખરા ક્લોરાઇડ દ્રાવ્ય હોય છે.

ખનિજ મીઠું (શંખજીરૂ) ના મોટાં પડો ઘણે ઠેકાણે મળી આવે છે. ઑસ્ટ્રિયામાં એ મોટા જથ્થામાં મળી આવે છે. કોહાટ અને મન્ડી સ્ટેટના 'સોલ્ટરેન્જ' વાળા પ્રદેશમાંથી ઘણા બહોળા પ્રમાણમાં આ મીઠાની નિપજ થાય છે. આમ છતાં ઘણુંખરૂં મીઠું મીઠાના અગરો બનાવીને મુંબઇ, મદ્રાસ, અને બર્માના કિનારા ઉપર તૈયાર કરવામાં આવે છે. એડન અને યુરોપમાંથી પણ ઘણું મીઠું આયાત કરવામાં આવે છે.

મીઠાંનો ઉપયોગ વૉશીંગ સોડા (સોડિયમ કાર્બોનેટ) બનાવવામાં પણ થાય છે.

સાર

૧. ક્લોરીન વાયુનું તત્ત્વ મીઠાંમાં રહેલું છે. મૅન્ગેનિઝ ડાયૉક્સાઇડ અને હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડનું ભેળ કરી તપાસવાથી ક્લોરીન વાયુ મળે છે.

૨. ક્લોરીન વાયુ તિવ્ર ગંધવાળો પીળાશ પડતાં રંગવાળો અને પાણીમાં ઓગળે તેવો વાયુ છે. એમાં મીણબત્તિ ધૂમાડા સાથે બળે છે. હાઇડ્રોજન વાયુ પણ એમાં બળે છે. એમાં ફૂલ કે મેલું કપડું નાંખવાથી તેમનો રંગ જતો રહે છે. એ વાયુનો મૂખ્ય ઉપયોગ બ્લિચીંગ પાઉડર (વિરંજન ક્ષાર) બનાવવામાં થાય છે. મોટા જથ્થામાં પાણીને શુધ્ધ કરવા માટે આ વાયુને પસાર કરવામાં આવે છે.

૩. કળી ચુનામાં ક્લોરિન વાયુ પસાર કરવાથો બ્લિચીંગ પાઉડર તૈયાર થાય છે. ખાસ કરીને કપડાં ધોવામાં એનો ઉપયોગ થાય છે. પાણીમાં ઓગળતાં એમાંથી કલોરીન છુટો પડે છે. આથી જ નાના જથ્થાના પાણીને એ પાઉડર વડે જતુંવિમુકત બનાવવામાં આવે છે.

૪. મીઠા ઉપર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ નાંખવાથી હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડનો વાયુ પેદા થાય છે. એ વાયુ પણ તિવ્ર ગંધવાળો, પાણીમાં ઓગળે તેવો અને ભુરાં લિટ્મસને રાતું બનાવે તેવો છે. ધાતુ ઉપર રેડવાથી એનો ક્ષાર બને છે. અને તેમાંથી હાઇડ્રોજન વાયુ નીકળે છે.

પ્રકરણ ૧૨

સલ્ફર ગંધક (Sulphur)

૧. ગંધક કેવાં સ્વરૂપ મળે છે. ગંધક કેટલાક ક્ષારના સંયોજનમાં અને છૂટી અવસ્થામાં પણ મળી આવે છે. છૂટો ગંધક તદ્દન ચોકખો હોતો નથી એટલે તેને શુધ્ધ કરવો પડે છે. જાપાન અને સિસિલી જેવા ઘણાખરા જ્વાલામુખી પ્રદેશમાં ચોખ્ખો સલ્ફર મળી આવે છે. એ સિવાય સલ્ફેટ (SO_4 ભાગ ધરાવતા ક્ષાર) તરીકે કાચી ધાતુ (metal ore)માં સલ્ફર બહુજ વિસ્તૃત પ્રમાણમાં મળે છે. મેગ્નેસિયમ સલ્ફેટ ($MgSO_4$) કોપર સલ્ફેટ ($CuSO_4$) વગેરે સલ્ફેટમાંથી ગંધક મળે છે. સલ્ફાઇડ (માત્ર ધાતુ અને સલ્ફરના સંયોજન) તરીકે સીસાંના સલ્ફાઇડ કે ગેલેના (galena અથવા lead sulphide PbS) પારાના સલ્ફાઇડ કે સીનાબર (Mercury sulphide HgS), લોઢાના સલ્ફાઇડ પાઇરાઇટ્સ (Iron sulphide or pyrites, FeS) અને જસતના સલ્ફેટ કે ઝીન્ક બ્લેન્ડ (Zinc sulphide or zinc blend; ZnS) જેવા સંયોજનમાંથી સલ્ફર મળી શકે છે. હાલમાં અમેરિકામાં જમીનના ઊંડાણમાંથી વરાળનું દબાણ આપીને ગંધકને પુષ્કળ પ્રમાણમાં બહાર કાઢવામાં આવે છે અને તે ગંધક તદ્દન ચોખ્ખો હોય છે.

હિંદુસ્તાનમાં બંગાળના અખાતમાં બૅરન (ઉજ્જડ) ટાપુમાંથી, મદ્રાસમાંથી, કરાંચી આગળ ગીઝીમાંથી, પંજાબમાં કોહાટ અને બાનુ પરગણામાંથી, કાશ્મિરમાં રૂપશુની ખાણમાંથી, સંયુક્ત-પ્રાંતમાં કુમાઉન અને ગઢ્વાલ પરગણામાંથી, બર્મામાં શાન સ્ટેટ્માંથી, અને બલુચીસ્તાનમાંથી સલ્ફર મળી આવે છે.

૨. ગંધકને ચોખ્ખો કરવાની રીત કુદરતી ગંધકવાળી માટીમાંથી અને તેટલી નકામી વસ્તુ દૂર કર્યા પછી એ કાચાં ખનિજને એક મોટી બંધ ભઠ્ઠીમાં ખૂબ ગરમ કરવામાં આવે છે. ગંધક ગરમ થઇને વાયુરૂપ બને છે, તેને એક નળી વાટે મોટા બંધ ઓરડામાં લઇ જવામાં આવે છે. અહિં જો ટેમ્પરેચર ઓછું હોય તો ગંધકના વાયુમાંથી ઘનરૂપમાં ફેરવાઇને ગંધકનો ભૂકો ભોંય તળિયાં ઉપર ભેગો થશે. જો ઓરડાનું ટેમ્પરેચર વધુ રાખવામાં આવે તો ગંધકનું પ્રવાહી બની ભોંય તળિયામાં ભેગું થશે અને તેને એક નળ વાટે બહાર કાઢી લાકડાંના નળાકાર પીપમાં ઠારવામાં આવે છે. એને પીલ્લાં વાળેલો (rolled) ગંધક કહેવામાં આવે છે. પહેલા ભુકા જેવા ગંધકને ફૂલગંધક (flowers of sulphur) અને બીજાને લાકડિયો ગંધક (roll sulphur) કહેવામાં આવે છે. લાકડિઓ ગંધક આઠ બાજુવાળો સ્ફટિક છે. એ સિવાયના બીજાં કેટલાંક અસ્ફટિક (amorphous અથવા non-crystalline) સ્વરૂપમાં પણ ગંધક હોય છે. એ સર્વ સ્વરૂપો ગંધકને ગરમ કરવાથી અથવા દ્રાવણ બનાવી બાષ્પીભવન કરવાથી મળી શકે છે.

૩. ગંધકને ગરમ કરવાથી થતા ફેરફાર સાધારણ ટેમ્પરેચરે ગંધક પીળો ઘન હોય છે. એને જો ધીમે ધીમે ગરમ કરીએ તો એના સ્વરૂપમાં ઘણા ફેર-ફાર થાય છે. લાકડિયો (roll) ગંધકનો ભુકો કરીને ૧૧૪° સે. સુધી કેશર રંગનો પ્રવાહી બને છે. એને ઠંડુ પાડવામાં આવે તો પાછો પીળો ગંધક મળી આવે છે. પરંતુ જો ૧૧૪° સે. થી વધુ તપાવીએ તો એ પ્રવાહીમાંથી ચીક્કટ પ્રવાહીરૂપ

બને છે અને ઘટ્ટ બનતો જાય છે. ૨૫૦° સે. ટેમ્પરેચરે એ તદ્દન ચીકટ બને છે અને એને રેડવો હોય તો ઘણી વાર લાગે છે. આમ છતાં જો ગંધકને એથી પણ વધુ ગરમ કરીએ તો એ ચીકટ પ્રવાહી પાછું પાતળાં પ્રવાહીરૂપ બને છે, ૪૪૫° સે. એ પ્રવાહી ઊકળવા લાગે છે અને કાળા નારંગી રંગનો વાયુ નીકળવા લાગશે. આ વાયુને એકાએક ગરમ કરીએ તો પાછો પીળો ફૂલગંધક મળી આવશે. જો ઊકળતા ગંધકને એકાએક પાણીમાં રેડી ઠંડો પાડીએ તો એ રસ ગુંછળાં વળીને થઇ ઠંડો પડશે. નીચેનો ગંધક લઇએ તો તે રબરના જેવો માલૂમ પડશે. એ ગંધકને ખેંચી શકાય છે અને ગમે તે આકારનો બનાવી શકાય છે. એટલા માટે એને આકારદ (plastic) ગંધક કહેવામાં આવે છે. આ આકારદ ગંધકને થોડા ખલ્લો રાખી મૂકવામાં આવે, તો તે પાછો બરડ થઇ જાય છે અને સ્ફટિક ગંધક જેવો બની જાય છે. આથી સ્ફટિક ગંધક એ સ્થાયી સ્વરૂપ છે.

પ્રવાહી ગંધકને ધીમે ધીમે કાચના વાસણમાંજ ઠરવા દઈએ તો તે ગંધકના સોયના જેવા નક્કર અને સ્ફટિક જેવા કણો વાસણની બાજુએ બાઝી જશે.

ગંધકના સ્ફટિક સ્વરૂપો બે છે; લાકડિયો અથવા કુદરતી ગંધક અથવા આઠ બાજુવાળો (octahedral) ગંધક છે અને સોય જેવો ત્રિકોણાકાર (prismatic or monoclinic) ગંધક છે. અસ્ફટિક સ્વરૂપમાં આકારદ (plastic) ગંધક અને ફૂલ ગંધક (flowers of sulphur or milk of sulphur) છે. આ બધી જાતોને વિવિધરૂપ (ઍલોટ્રૉપિક allotropic) સ્વરૂપો કહેવામાં આવે.

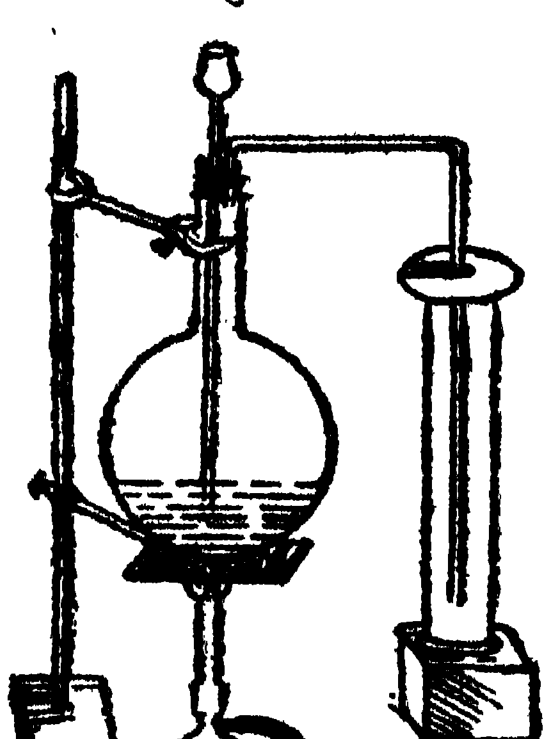
૪. ગંધકના ગુણધર્મ અને ઉપયોગ

ગંધક વિવિધ (ઍલોટ્રોપિક્) સ્વરૂપવાળો પદાર્થ છે. હવામાં ગરમ કરીએ તો તેનો ઑક્સાઇડ (SO_2) થાય છે. દારૂગોળો, દારૂખાનું, દીવાસળી વગેરે વસ્તુ બનાવવામાં ગંધકનો ઉપયોગ થાય છે. એ ઉપરાંત સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ રૂપે વિરંજન કાર્યમાં, સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ બનાવવામાં, રબરને વલ્કેનાઈઝ (સાંધવામાં) કરવામાં, દવામાં વગેરે અનેક ઉપયોગમાં આવે છે.

૫ સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ Sulphur dioxide, SO_2

સલ્ફરને જ્યોતમાં ધરી બાળવામાં આવે તો સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ ઉત્પન્ન થાય છે. પ્રયોગશાળામાં એ વાયુ પેદા કરવો હોય તો આકૃતિ (૩૦) માં બતાવેલી રચના કરવી પડશે.

આકૃતિ ૩૦



પ્રયોગઃ—એક કાચની ગરણીમાં તાંબાનો ભૂકો નાંખો. ગરણીના મોંને બે કાણાવાળા બૂચવડે બંધ કરો. હવે ગરણી વાટે તેમાં સાધારણ મંદ સલ્ફ્યુરિક એસિડ રેડો. બરણીને ધીમે તાપે ગરમ કરો. વિમોચન નળી મારફતે બાજુમાં રાખેલા ઉભા નળાકારમાં જે વાયુ ઊતરે છે. તે સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ જ છે. તેની નીચે પ્રમાણે ખાતરી કરો.

વાયુની ગંધ લો. ગંધ કેવી છે? વાયુમાં એક ભીંજવેલું રંગીન ફૂલ નાંખો. ફૂલના રંગમાં ફેરફાર થાય છે કે? એક ભીંજવેલું ભુરૂં લિટ્‌મસ કાગળ અંદર નાંખો. એના રંગમાં કેવો ફેરફાર થાય છે? નળાકારમાં પાણી રેડી હલાવો. એ પાણીમાં ભુરૂં લિટ્‌મસ નાંખો. દ્રાવણ કેવા ગુણ ધરાવે છે.

સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુ પાણીમાં ઓગળી જાય છે અને એ દ્રાવણને સલ્ફ્યુરસ (sulphurous) ઍસિડ કહેવામાં આવે છે. સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુ અને સલ્ફ્યુરસ ઍસિડ, બ્લિચીંગ (વિરંજન કાર્યમાં) ઉપયોગમાં આવે છે. ખાસ કરી ઊન અને રેશમને બ્લિચ (વિરંજન) કરવા એ વાયુ ઉપયોગી છે, કારણ કે ક્લોરીન વાયુ ઘણો જલદ હોવાથી એવાં કાપડને નુકસાન કરે છે. ક્લોરીન અને સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડના બ્લિચીંગ કાર્યની સરખામણી માટે જુઓ પ્રકરણ (૧૧) ફકરો (૪).

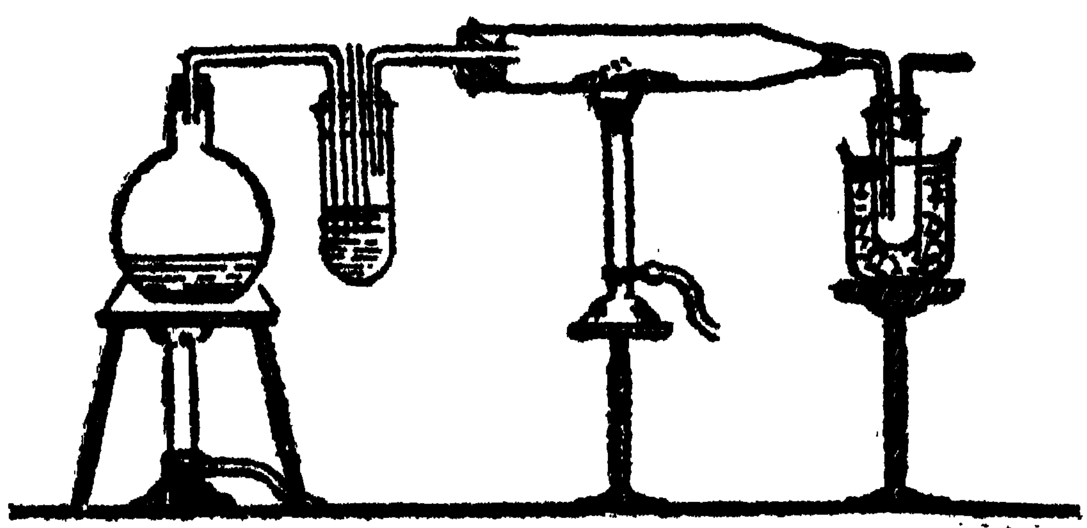
એ વાયુથી ભરેલાં વાસણમાં ભીંજવેલું રંગીન ફૂલ નાંખીએ તો તે ધોળું થઇ જશે. એ વાયુની ખાસ રૂંધી નાંખે એવી તિવ્ર ગંધ આવે છે. એમાં ચૂનાનું પાણી જેવું ને તેવુંજ રહે છે.

૬. સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડ
Sulphur trioxide
SO_3
અને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ
Sulphuric acid
H_2SO_4

સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ (SO_2) માં એક સલ્ફરના પરમાણુ સાથે બે ઑક્સિજનના પરમાણુ જોડાય છે, જ્યારે કેટલાક સંજોગોમાં એક સલ્ફરના પરમાણુ સાથે ઑક્સિજનના ત્રણ પરમાણુ જોડી શકાય છે અને એવી રીતે જે વાયુ ઉત્પન્ન થાય તેને સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડ (SO_3) કહેવામાં આવે છે.

આકૃતિ (૩૧) માં બતાવ્યા પ્રમાણે એક બરણીમાં તાંબાનો ભુકો અને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ નાંખી તપાવી તેમાંથી ઉત્પન્ન થતા સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડને બાજુની નળીમાં બીજી વચ્ચેની નળીદ્વારા આવતા ઑક્સિજન સાથે ભેળવવામાં આવે છે, એ બન્ને વાયુમાં ભેજ રહે નહિ તેટલા માટે બન્ને નળીને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડમાં ડુબાવેલી છે. હવે એ બન્ને વાયુનું

આકૃતિ ૩૧



મિશ્રણ બાજુમાં આડી રાખેલી પહોળી નળીમાં દાખલ થાય છે. એ નળીમાં પ્લૅટિનાઇઝ્ડ ઍસબેસ્ટોસ (platinized asbestos) રાખેલું છે. ઍસબેસ્ટોસને પ્લૅટિનિક ક્લોરાઇડના અને ઍમોનિયમ ક્લોરાઇડના દ્રાવણમાં ભીંજવીને ગરમ કરેલું હોય છે. એ એસબેસ્ટોસને ખૂબ તપાવી તે ઉપરથી સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ અને ઑક્સિજન વાયુનું મિશ્રણ પસાર કરવામાં આવે છે. આથી સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ અને ઑક્સિજનનું સંયોજન થાય છે અને સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડ ઉત્પન્ન થાય છે. એ વાયુને જો ઠંડો પાડવામાં આવે તો સફેદ સ્ફટિકો ઉત્પન્ન થાય છે. એ વાયુ પાણીમાં દ્રાવ્ય (soluble) છે અને તેમાંથી સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ (H_2SO_4) ઉત્પન્ન થાય છે.

સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ + ઑક્સિજન = સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડ

$$2SO_2 + O_2 = 2SO_3$$

અને

સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડ + પાણી = સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ

$$SO_3 + H_2O = H_2SO_2$$

૭. સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના ગુણધર્મ અને ઉપયોગ

જલદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ ઘણોજ ભેજગ્રાહી (hygroscopic) હોય છે અને એક કાચની નળીમાં

થોડો ઍસિડ રાખી મૂકીએ તો ભેજ અંદર ચુસાવાને લીધે એ ઍસિડનું કદ અને વજન વધેલું માલૂમ પડશે. આવા ગુણને લીધે પ્રયોગશાળામાં ઘણા પદાર્થમાંથી ભેજ દૂર કરવો હોય તો એક કાચની બંધ બરણીમાં તે પદાર્થ અને એ ઍસિડને લાંબો વખત રાખી મૂકવામાં આવે છે. કેટલાક વાયુને ભેજમૂકત કરવા સલ્ફ્યુરિક ઍસિડમાંથી પસાર કરવામાં આવે છે. સલ્ફ્યુરિક ઍસિડને ઉદ્ભિજ (organic) પદાર્થો ઉપર રેડવામાં આવે તો તેને બાળી મૂકે છે અને માત્ર કોલસો રહી જાય છે. ખાંડ ઉપર એ ઍસિડ રેડવાથી એની ખાતરી થાય છે. આ ઍસિડના છાંટા કપડાં ઉપર પડે તો તુરતજ કપડું બળી જાય છે. ભુરૂં લિટ્મસ રાતું થવાથી એ ઍસિડ છે એમ માલૂમ પડે છે.

કેટલીક ધાતુ ઉપર મંદ (dilute) ઍસિડ નાંખી તપાવવાથી હાઇડ્રોજન છૂટો પડે છે અને ધાતુનો સલ્ફેટ (SO_4 ભાગ ધરાવનાર) બને છે. દાખલા તરીકે

ઝીંક + સલ્ફ્યુરીક ઍસિડ = ઝીંક સલ્ફેટ + હાઇડ્રોજન

$$Zn + H_2SO_2 = ZnSO_2 + H_2$$

લોખંડ કે તાંબા ઉપર પણ એવીજ અસર થાય છે. આમ છતાં જો ધાતુ ઉપર જલદ (concentrated) ઍસિડ રેડી ગરમ કરવાથી હાઇડ્રોજન નથી નીકળતો પરંતુ સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ નીકળે છે.

સલ્ફ્યુરિક ઍસિડમાં જો એકાએક પાણી રેડવામાં આવે તો તે ખૂબ ગરમ થઇ જાય છે. એથી એ ઍસિડનું મંદ (dilute) દ્રાવણ બનાવવું હોય તો પહોળા વાસણમાં પાણી લઇને તેમાં પાતળી ધારે ઍસિડ ઊમેરી હલાવતા રહેવું. જો

એકાએક ઊમેરવામાં આવે તો વાસણ ઘણું તપી જશે અને ઍસિડ બહાર ઊડી જશે. કોઇપણ વખત ઍસિડમાં પાણી રેડવું નહિ, પરંતુ પાણીમાં ઍસિડ રેડવું, કારણ કે ઍસિડ પાણીથી લગભગ બમણું ભારે હોવાથી તેને ઉપરથી રેડીએ તો આપો-આપ નીચે જઇને દ્રાવણ બનશે. ઉપરથી પાણી રેડીએ તો પાણી ઉપર જ રહેશે અને ઉપરની સપાટી ખૂબ ગરમ થવાથી કાચનું વાસણ સપાટીની કોવાવાળા ભાગમાંથી તૂટી જશે.

આ ઍસિડનો ઉદ્યોગમાં એટલો બધો ઉપયોગ થાય છે કે જે દેશમાં આ ઍસિડની ખપત વધુ તે દેશ વધુ આબાદ છે એમ માનવામાં આવે છે. દુનિયામાં દર વર્ષે લગભગ એક કરોડ ટન ઍસિડ ઉપયોગમાં લેવામાં આવે છે. એમાંથી હિંદુસ્તાનમાં ૨૫૦૦ ટન ઍસિડ વપરાય છે.

ઘણા રસાયણિક ઉદ્યોગોમાં અને બીજા ઍસિડ તૈયાર કરવામાં સલ્ફ્યુરિક ઍસિડનો ઉપયોગ થાય છે. કોલટારના રંગો અને બનાવટી ખાતર માટે એનો ઉપયોગ થાય છે.

૮. સલ્ફેટ્સ Sulphates સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ અને હાઇડ્રોક્સાઇડ અથવા બેઇઝને ભેળવામાં આવે તો સલ્ફેટ્સ (SO_4 વાળો ભાગ ધરાવતા ક્ષાર) ઉત્પન્ન થાય છે. દાખલા તરીકે

કેલ્સિયમ હાઇડ્રોક્સાઇડ	+	સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ	=	કેલ્સિયમ સલ્ફેટ	+	પાણી
$Ca\ (OH)_2$	+	H_2SO_4	=	$CaSO_4$	+	$2H_2O$

અમોનિયમ સલ્ફેટ કુદરતી અવસ્થામાં મળી આવે છે અને તેમાંથી સલ્ફર પેદા કરવામાં આવે છે. મીઠાં (સોડિયમ ક્લોરાઇડ) અને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડના સંયોજનથી ગ્લોબર્સ

સોલ્ટ (Glauber's salt) અથવા સોડિયમ સલ્ફેટ (Na_2SO_4) અને હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ પેદા થાય છે અને એનો દવામાં ખૂબ ઉપયોગ થાય છે. [$2NaCl + H_2SO_4 = NaSO_4 + 2HCl$]

૯. સલ્ફ્યુરેટેડ હાઇડ્રોજન અને સલ્ફાઇડ્સ
Sulphuretted hydrogen and Sulphides

ગંધકને લોખંડના ભુકા સાથે લાંબો વખત ગરમ કરીએ તો એ એનો રસાયણિક સંયોગ થાય છે અને આર્યન સલ્ફાઇડ નામનું સંયોજન (compound) ઉત્પન્ન થાય છે. એજ પ્રમાણુ તાંબાની સાથે સંયોગ થઇ શકે છે. જે તત્ત્વની સાથે માત્ર સલ્ફર ભળે તેને સલ્ફાઇડ કહેવામાં આવે છે અને જેની સાથે સલ્ફર અને ઑક્સિજન બન્ને ભળે તેને સલ્ફેટ્સ કહેવામાં આવે છે.

જો લોખંડ ઉપર ઍસિડ નાંખવામાં આવે તો હાઇડ્રોજન ઉત્પન્ન થાય છે. પરંતુ લોખંડને બદલે જો લોખંડનો સલ્ફાઇડ લઇને તેના ઉપર હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ નાંખીએ તો જે વાયુ ઉત્પન્ન થશે તે હાઇડ્રોજન નહિ, પરંતુ હાઇડ્રોજન અને સલ્ફરના સંયોગવાળો વાયુ ઉત્પન્ન થશે. એ વાયુને હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇડ (H_2S) અથવા સલ્ફ્યુરેટેડ હાઇડ્રોજન (sulphuretted hydrogen) કહેવામાં આવે છે. નીચેના સમીકરણુ (equation) વડે હાઇડ્રોજન અને સલ્ફ્યુરેટેડ હાઇડ્રોજન કેમ ઉત્પન્ન થાય એ બતાવ્યું છે.

(૧) હાઇડ્રોક્લોરીક ઍસિડ + લોખંડ = આર્યન ક્લોરાઇડ + હાઇડ્રોજન વાયુ

$$2HCl + Fe = FeCl_2 + H_2$$

(૨)	હાઇડ્રોક્લોરીક ઍસિડ	+	આર્યન સલ્ફાઇડ	=	આર્યન ક્લોરાઇડ	+	હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇડ
	$2HCl$	+	FeS	=	$FeCl_2$	+	H_2S

સલ્ફ્યુરેટેડ હાઇડ્રોજન વાયુ રંગ વિનાનો છે, અને સડેલાં ઈંડાંની જેવી વાસવાળો હોવાથી તુરત પારખી શકાય છે. એ વાયુ ઘણો ઝેરી છે. એ વાયુને બાળી શકાય છે અને પરિણામે પાણી અને સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ ઉત્પન્ન થાય થાય છે. પાણીમાં ઘણો ઓછો દ્રાવ્ય છે. એનો ઉપયોગ પ્રયોગ-શાળામાં બહુજ થાય છે. ખાસ કરીને ધાતુના તત્ત્વોની પારખ કરવા એ વાયુ અનિવાર્ય છે. કોઇ દ્રાવણમાં ધાતુ ઓગળેલી હોય તેમાં જો એ વાયુ પસાર કરવામાં આવે તો તે ધાતુનો સલ્ફાઇડ અદ્રાવ્ય (insoluble) હોવાથી દ્રાવણમાં ભેળ રૂપે (precipitate) છૂટો પડશે. દ્રાવણમાંથી આ રીતે ધાતુનું તત્ત્વ સલ્ફાઇડ રૂપે છૂટું પાડી શકાય છે અને બાકીના તત્ત્વોની પારખ કરવામાં સરળતા પડે છે.

સાર

૧. ગંધક અનેક ઠેકાણે મળી આવે છે. એના મુખ્ય સ્વરૂપો નીચે પ્રમાણે છે. લાકડિયો ગંધક, (rolled sulphur) ફૂલગંધક (flowers of sulphur) અને આકારદ ગંધક (plastic sulphur).

૨. ગંધકને બાળવાથી સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ (SO_2) પેદા થાય છે. એ વાયુ પાણીમાં ઓગળીને ઍસિડ રૂપ દ્રાવણ બનાવે છે, હવાથી ભારે છે, વસ્તુના રંગને ઊડાડે (વિરંજન) કરે છે અને ગંધમાં તિવ્ર છે. એ વાયુમાં ઉદ્દિપક વસ્તુ સાથે ઑક્સિજનને ભેળવવાથી

સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડ (SO_3) પેદા થાય છે અને તેને પાણીમાં ઓગાળતાં સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ (H_2SO_4) પેદા થાય છે.

૩. સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ અનેક ઉદ્યોગોમાં કામ આવે છે. ઘણીખરી ઉદ્‌ભિજ વસ્તુને બાળીને તેનો કોલસો બનાવે છે. ધાતુ સાથે સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ ભેળવવાથી હાઇડ્રોજન નીકળે છે અને ધાતુના સલ્ફેટ બને છે. કેટલાક સલ્ફેટ દવામાં ઉપયોગી થાય છે. હાઇડ્રોજનના સંયોજનવાળો સલ્ફ્યુરેટેડ હાઇડ્રોજન (H_2S) ગૅસ બને છે, તે રસાયિણક વસ્તુના પૃથક્કરણ કાર્યમાં ખૂબ ઉપયોગમાં આવે છે.

પ્રકરણ ૧૩

ફૉસ્ફરસ

૧. ફૉસ્ફરસના સ્વરૂપ અને ગુણધર્મ

ફૉસ્ફરસ એ કાર્બન અને સલ્ફરના જેવોજ પદાર્થ છે અને એ પણ વિવિધ-રૂપ (allotropic) સ્વરૂપમાં મળી આવે છે, અને કુદરતી ફૉસ્ફરસ છૂટો મળી આવતો નથી. પ્રાણી માત્રના હાડકામાં કૅલ્શિયમ ફૉસ્ફેટરૂપે ફૉસ્ફરસ મેળવવામાં આવે છે.

ફૉસ્ફરસના બે સ્વરૂપ છેઃ (૧) પીળો ફૉસ્ફરસ અને (૨) રાતો ફૉસ્ફરસ. પીળો ફૉસ્ફરસ હવામાં રાખવાથી આપોઆપ સળગી જાય છે, જ્યારે રાતો ફૉસ્ફરસ ઝટ સળગતો નથી. પીળો ફૉસ્ફરસ કાર્બન ડાઇસલ્ફાઇડ નામના પ્રવાહીમાં ઓગળી જાય છે, પરંતુ રાતો ફૉસ્ફરસ ઓગળતો નથી. પીળા ફૉસ્ફરસને હમેશાં પાણીની અંદર રાખવો પડે છે અને બહાર પ્રયોગ માટે કાઢવો હોય તો બહુજ સંભાળથી ચિપિયા વડે પકડીને કાઢવો પડે છે. પીળો ફૉસ્ફરસ પાઉડર (ભુકા રૂપ) હોય છે. પીળા ફૉસ્ફરસને હવા વગરના બંધ વાસણમાં ૩૫૦° સે. થી વધુ તપાવીએ તો રાતો ફૉસ્ફરસ તૈયાર થશે. આ ફૉસ્ફરસને પાણીની નીચે રાખવાની જરૂર પડતી નથી. હવામાં અથવા ઑક્સિજનમાં તપાવવાથી ફૉસ્ફરસ પેન્ટૉક્સાઇડનો સફેદ ધૂમાડો નીકળે છે. પીળો ફૉસ્ફરસ સાધારણ ટેમ્પરેચરે પણ ઑક્સિજન સાથે સંયોજિત થાય છે, અને એથી જ એ ઝટ સળગી જાય છે. પીળો ફૉસ્ફરસ ઝેરી છે, જ્યારે રાતો ઝેરી નથી.

ફૉસ્ફરસ + ઑક્સિજન = ફૉસ્ફરસ પેન્ટૉક્સાઇડ

$$4P + 5O_2 = 2P_2O_5$$

બન્ને ફૉસ્ફરસ બળવાથી ફૉસ્ફરસ પેન્ટૉક્સાઇડ (P_2O_5) ઉત્પન્ન થાય છે. એ ઘણોજ ભેજગ્રાહી (hygroscopic) હોવાથી પાણીમાં તુરત જ ઓગળી જાય છે. એથી એક બરણીને પાણીમાં ઊંધી વાળી અંદર પીળા કે રાતા ફૉસ્ફરસને આકૃતિ (૨૬) માં બતાવ્યા પ્રમાણે માત્ર એક તારના સળીયા ઉપર રાખી રહેવા દઇએ તો પ્રથમ ફૉસ્ફરસ પેન્ટૉક્સાઇડ ઉત્પન્ન થશે. એ પાણીમાં ઓગળી જશે એટલે બરણીની હવામાંથી જે ઑક્સિજન વપરાઇ ગયો તેની જગ્યા લેવા પાણી બરણીમાં ઊંચે ચઢશે. કોઇપણ ભેજગ્રાહી પદાર્થ કરતાં ફૉસ્ફરસ પેન્ટૉક્સાઇડ વધુ ભેજગ્રાહી હોવાથી એનો ઉપયોગ ભેજહારક (dehydrator or drying agent) તરીકે થાય છે. પાણીમાં એ વાયુ ઓગાળવાથી જે દ્રાવણ ઉત્પન્ન થાય તેને ફૉસ્ફોરિક (phosphoric) ઍસિડ કહેવામાં આવે છે, અને ભુરાં લિટ્મસને રાતું બનાવે છે.

રાતા અને પીળા ફૉસ્ફરસની સરખામણી

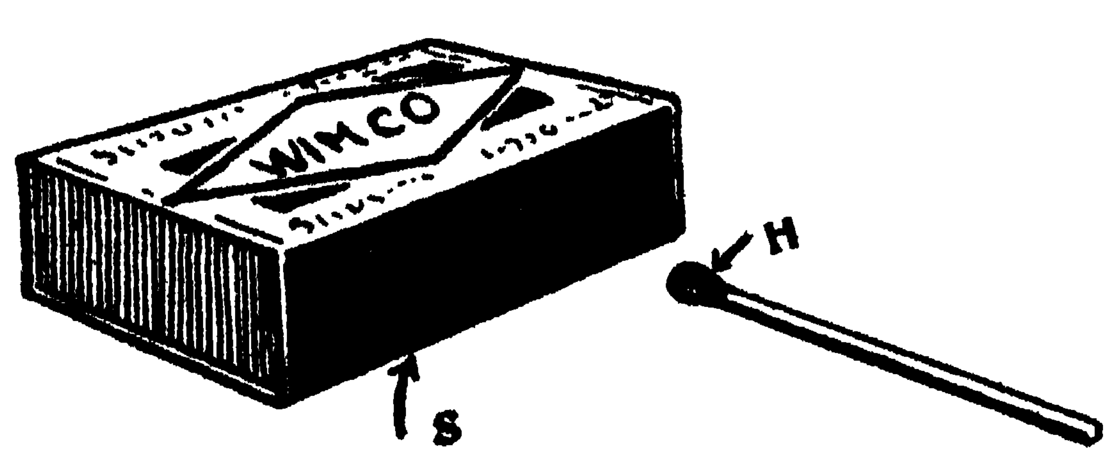
	રાતો ફૉસ્ફરસ	પીળો ફૉસ્ફરસ
સામ્ય		
૧.	પાણીમાં દ્રાવ્ય નથી.	પાણીમાં દ્રાવ્ય નથી.
૨.	બાળવાથી P_2O_5 બને છે.	બાળવાથી P_2O_5 બને છે.
તફાવત		
૩.	રંગે લાલ હોય છે.	રંગે પીળો હોય છે.
૪.	કાર્બન ડાઇસલ્ફાઇડમાં ઓગળતો નથી.	કાર્બન ડાઇસલ્ફાઇડમાં ઓગળે છે.
૫.	સ્વાદ અને ગંધ વગરનો	લસણિયા ગંધવાળો
૬.	ઝેરી નથી.	ઝેરી છે.

૭.	પાણીમાં રાખવામાં આવતો નથી; કારણ કે સામાન્ય ઉષ્ણતાએ નથી સળગતો.	પાણીમાં રાખવામાં આવે છે, કારણ કે સામાન્ય ઉષ્ણતાએ સળગી જાય છે.
૮.	અંધારામાં ચળકાટ આપતો નથી.	અંધારામાં ચમકે છે.

૨. ફૉસ્ફરસનો ઉપયોગ

ફૉસ્ફરસનો મુખ્ય ઉપયોગ દીવાસળી બનાવવામાં થતો હતો. ફૉસ્ફરસ વાપરી જે દીવાસળી બનાવાતી તેને લ્યુસિફર અથવા ઘર્ષણ (lucifer or friction) દીવાસળી કહેવામાં આવતી. કારણ કે એ દીવાસળીને ગમે ત્યાં ઘસવાથી સળગી ઊઠતી. લાકડાંની સળીને છેડે ગંધક અને મીણનું મિશ્રણ લગાવી સુકાયા પછી એ અણીને પીળા ફૉસ્ફરસ, પોટાશિયમ ક્લોરેટ્ અને ગુંદરના મિશ્રણમાં ગોળીને સુકાવવામાં આવતી. એ સળીને ઘસવાથી જે ગરમી ઉત્પન્ન થાય તેથી પ્રથમ ફૉસ્ફરસ સળગી ઊઠતો અને તેને લીધે ગંધક બળવા લાગવાથી લાકડાંની અણી સળગી જતી. આમ છતાં પીળો ફૉસ્ફરસ ઝેરી હોવાથી દીવાસળીને બદલે હવે સેફ્ટી દીવાસળી (safety matches) ઉપયોગમાં આવે છે.

આકૃતિ ૩૨



સેફ્ટી દીવાસળીમાં લાકડાંની સળી ઉપર બિલકુલ ફૉસ્ફરસ હોતો નથી અને ગંધક બિલકુલ વપરાતો નથી,

પરંતુ જે કાગળના પત્તાં ઉપર એ દીવાસળીને ઘસીએ તેના ઉપર જ ફૉસ્ફરવાળું મિશ્રણ લગાડેલું હોય છે. લાકડાંની સળી ઉપર પોટાસિયમ ક્લોરેટ્, ઍન્ટીમની ડાઇસલ્ફાઇડ અને ગુંદરનું મિશ્રણ લગાડવામાં આવે છે. એ દીવાસળીના છેડાને એક કાગળ ઉપર રાતો ફૉસ્ફરસ, ગુંદર અને કાચના ભૂકાના મિશ્રણનો થર લગાવેલો હોય તેની ઉપર ઘસવામાં આવે છે. કાચનો ભૂકો માત્ર ઘર્ષણ વધારવામાં જ ઉપયોગી થાય છે. આનો ખાસ ફાયદો એ છે કે ગમે ત્યાં ઘસવાથી એ દીવાસળી સળગી જતી નથી, અને રાતો ફૉસ્ફરસ ઝેરી ન હોવાથી બીજો કોઇ ભય રહેતો નથી. ખાસ કરીને પીળા ફૉસ્ફરસની દીવાસળી બનાવે તે કારખાનાના માણસોને ઝેરની અસર થાય છે. આવા કારણથી અત્યારે સેફ્ટી (safety) દીવાસળી જ વપરાય છે.

એ સિવાય ફૉસ્ફરસને ફૉસ્ફેટ રૂપે ખાતર તરીકે વાપરવામાં આવે છે. દવામાં ફૉસ્ફરસનો બહુ બહોળો ઉપયોગ થાય છે.

સાર

૧. ફૉસ્ફરસ હાડકામાં કૅલ્સિયમ ફૉસ્ફેટ રૂપે મળી આવે છે. ફૉસ્ફરસ પીળો અને રાતો હોય છે. પીળા ફૉસ્ફરસને હવા વગરના વાસણમાં ખૂબ તપાવવાથી રાતો ફૉસ્ફરસ તૈયાર થાય છે.

૨. રાતો ફૉસ્ફરસ હવામાં ઝટ સળગી જતો નથી, ભુકા રૂપ છે અને કાર્બન ડાઇસલ્ફાઇડમાં ઓગળતો નથી. પીળાના ગુણધર્મો એથી ઊલટા છે. બન્ને હવામાં બળે ત્યારે ફૉસ્ફરસ પેન્ટૉક્સાઇડ પેદા થાય છે.

૩. ફૉસ્ફેટનો ઉપયોગ ખાતરમાં થાય છે. ફૉસ્ફરસનો દીવાસળી બનાવવામાં ઉપયોગ થાય છે. દીવાસળીની સળી ઉપર પોટાસિયમ ક્લોરેટ, ઍન્ટિમની ડાઇસલ્ફાઇડ અને ગુંદર લગાડવામાં આવે છે. પત્તાં ઉપર રાતો ફૉસ્ફરસ, ગુંદર અને કાચનો ભુકો લગાડવામાં આવે છે.

પ્રકરણ ૧૪

સિલીકન Silicon

૧. સિલીકા Silica

સિલીકન તત્ત્વ સ્વતઃ મળી આવતી નથી પરંતુ ઑક્સાઇડ રૂપે છે. સિલીકન ઑક્સાઇડને સિલીકા કહેવામાં આવે છે. રેતી, માટી, પાષાણ અને ચકમક વગેરે વત્તાઓછા પ્રમાણમાં બીજા ભેળવાળાં સિલીકા જ છે. રેતીનો કાળાશ પડતો રંગ લોખંડના ઑક્સાઇડના ભેળને લીધે હોય છે. પૃથ્વીના ઘન જમીનના પડમાં $\frac{1}{4}$ ભાગ સિલીકન તત્ત્વનો છે. સિલીકાને ખૂબ ગરમ કરીએ તો પ્રવાહી બને છે. રેતીનો ઉપયોગ કાચ બનાવવામાં અને રસ્તા બનાવવામાં થાય છે.

સિલીકાનો ધાતુ જોડે સંયોગ થાય ત્યારે સિલીકેટ બને છે. સિલીકા અને સોડિયમ કાર્બોનેટને ખૂબ તપાવીએ તો જળકાચ (water-glass) અથવા સોડિયમ સિલીકેટ નામનો પદાર્થ ઉત્પન્ન થાય છે. આ પદાર્થનું દ્રાવણ ઇંડાને રક્ષવા માટે વાપરવામાં આવે છે, અને લાકડાં ઉપર એનો લેપ લગાડવાથી એકાએક સળગી જતાં અટકે છે. સિલીકાનો મૂખ્ય ઉપયોગ કાચ બનાવવામાં થાય છે. રસાયણિક બગીચો (chemical garden) બનાવવામાં પણ સોડિયમ સિલીકેટનાં દ્રાવણનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. સિલીકન માત્ર હાઇડ્રોક્લોરીક ઍસિડમાં ઓગળે છે.

૨. સિલીકેટ્સ અને કાચ

રેતીને સોડિયમ કાર્બોનેટ (વૉશીંગ) સોડા અને ચૂનાના પથ્થર (કૅલ્સિયમ કાર્બોનેટ) જોડે ખૂબ તપાવવામાં આવે

ત્યારે સોડિયમ અને કેલ્સિયમ સિલીકેટનું મિશ્રણ બને છે. એ મિશ્રણને કાચ કહેવામાં છે.

રસાયણિક દૃષ્ટિએ કાચ એ ઘણા સીલીકેટ્સનું મિશ્રણ છે. સામાન્ય રીતે સિલીકેટ્સોમાંથી ત્રણ જાતના કાચ બનાવવામાં આવે છે: ૧. બારીનો કાચ, (window glass); ૨. પોટાસ અથવા બોહિમિયન કાચ; (potash or bohemian glass); (૩) ફ્લિન્ટ કાચ (flint glass).

(૧) બારીનો કાચ (window glass):—રેતી, સોડાખાર (સોડિયમ કાર્બોનેટ) અને ચૂનાનાં મિશ્રણને ખાસ ભઠ્ઠીમાં નાંખીને ખૂબ ગરમી આપવામાં આવે છે. એ મિશ્રણ પીગળે છે અને તેને "સોડીયમ કૅલ્સિયમ સિલિકેટ" કહેવામાં આવે છે. આ પીગળેલા કાચને બીબામાં રેડવામાં આવે છે અને તૈયાર થયેલી વસ્તુને યેાગ્ય ટેમ્પરેચરે ધીમે ધીમે ઠંડી પાડવામાં આવે છે. આથી તે બરડ થઇ જતી નથી. હાઈડ્રોફ્લોરિક તેજાબમાં (HF) આ કાચ દ્રાવ્ય છે. પાણી અને બીજા તેજાબમાં તે અદ્રાવ્ય છે.

(૨) પેાટાશ કાચ (potash glass):–ક્વોર્ટ્ઝ, પોટાશિયમ કાર્બોનેટ અને ચૂનાનાં મિશ્રણને ભઠ્ઠીમાં ગરમ કરવાથી અમુક ઉષ્ણતાએ તે સર્વ પીગળે છે. આને "પોટાસિયમ કૅલ્સિયમ સિલીકેટ" કહેવામાં આવે છે. આ સારી જાતનો કાચ હોય છે. કાચનાં સાહિત્યેા બનાવવામાં એનેા ખૂબ ઉપયેાગ થાય છે.

(૩) ફ્લિન્ટ કાચ (flint glass):–લેડ ઑક્સાઇડ, પોટાસિયમ કાર્બોનેટ અને ફ્લિન્ટના ભુકાને ભસ્મ કરવાથી તે પીગળે છે. એને "લેડ પોટાસિયમ સિલીકેટ" કહેવામાં આવે છે. આ પણ ઊંચી જાતનો કાચ હોય છે. કૃત્રિમ ઝવેરાત તેમજ બીજા કાચના ઊંચા સાહિત્યેા બનાવવામાં આ કાચ વપરાય છે.

કાચના પીગળેલા રસમાં કાર્બોનેટ ઑક્સાઇડ નાંખવાથી ભુરો કાચ બને છે; ક્રૉમિયમ ઑક્સાઇડ નાખવાથી લીલો કાચ બને છે, અને આર્યન ઑક્સાઇડ નાંખવાથી લાલ કાચ બને છે.

૩. માટી અને ઈંટ Clay and brick

માટી ઍલ્યુમિનિયમ, સિલીકન, ઑક્સિજન તત્ત્વોની બનેલી છે અને એને અલ્યુમિનિયમ સિલીકેટ કહી શકાય છે. માટી અનેક પ્રકારની હોય છે. કેટલીક માટીમાં વનસ્પતિના અવશેષ ભળવાથી કાળી પડી ગયેલી હોય છે. કેટલીક માટીમાં ધાતુના ઑક્સાઇડ ભળવાથી રંગીત બને છે. માટીને ભીંજવીને ગમે તે ઘાટ બનાવી શકાય છે, અને સુકાયા પછી તેજ ઘાટ રહેતા હોવાથી વાસણ, નળિયાં, ઈંટ વગેરે બનાવવામાં માટીનો બહોળો ઉપયોગ થાય છે. ઈંટ બનાવવાનું સરળ છે. વાસણ બનાવવા માટીને આકાર આપવો પડે છે. ભીની માટીને ચાક ઉપર ચઢાવી કુંભાર અનેક પ્રકારના ઘાટ ઘડે છે. ઈંટ કે વાસણને સૂર્યના તાપમાં સુકાવા દઇ ભઠ્ઠીમાં સીંચીને ઘણા દિવસ તપાવવાથી સખત થઇ જાય છે. માટીની ઘણીખરી તપાવેલી વસ્તુ રાતી હોય અને ઘણી બરડ (brittle) હોય છે. કેઓલીન (kaolin) નામની ચોખ્ખી માટીમાંથી પોર્સલેન (porcelain) અથવા ચાઇના ગ્લાસના વાસણો બને છે. ધાતુ કરતાં પોર્સલેન મંદ ઉષ્ણતાવાહક હોવાથી ગરમ વસ્તુને એમાં રાખવાથી લાંબો વખત ગરમ રહે છે અને ચહા કે એવું ગરમ પીણું પીતી વખતે હાથ કે હોઠ દાઝી જતા નથી. પોર્સલેનનું વાસણ છિદ્રાળુ હોય છે, એટલે એના ઉપર લેડના

ઑક્સાઇડ (સફેદ કે રાતું સીસું) અને મીઠાંનો ભેળ કરી ઢોળ આપવામાં આવે છે.

૪ ક્વૉર્ટ્ઝ Quartz ક્વૉર્ટ્ઝ એક જાતનો જમીનનાં પડમાં ખૂબ દબાઇ જઇને ઉત્પન્ન થએલો સિલીકાનો પત્થર છે. એ પારદર્શક સ્ફટિકરૂપ પાષાણ છે એ ઘણોજ સખત પદાર્થ છે અને પાણી કે ઍસિડમાં ઓગળતો નથી. પ્રકાશના ઘણાખરાં અને ખાસ કરીને જાંબલી અને પારજાંબલી (violet and ultra-violet) કિરણો એમાંથી પસાર થઈ શકે છે. સાધારણ કાચ પારજાંબલી કિરણોને પસાર કરતાં નથી. આથી ક્વૉર્ટ્ઝનો ઉપયોગ કેમેરા તેમજ ચશ્મા માટે કિંમતી લેન્સ (lens) બનાવવામાં થાય છે.

સાર

૧. રેતી અને માટીમાં સિલીકનનો ભાગ મૂખ્ય હોય છે. રેતીનો ઉપયોગ ઇમારત બાંધવામાં રસ્તા બનાવવામાં વગેરે રીતે થાય છે.

૨. સિલકનનો મૂખ્ય ઉપયોગ કાચ બનાવવામાં થાય છે. સિલીકાની રેતીને સોડિયમ કાર્બોનેટ અને ચૂનાના પથ્થર સાથે તપાવવામાં આવે તો કાચ બને છે. કાચ ત્રણ જાતના હોય છે; (૧) બારીનો કાચ સામાન્ય કાચ હોય છે; (૨) પોટાશ કાચ કર્વૉટ્ઝ, પોટાસિયમ કાર્બોનેટ અને ચૂનાના મિશ્રણને તપાવવાથી મળે છે; અને (૩) ફ્લિંટ ગ્લાસ લેડ ઑક્સાઇડ છે; ફ્લિન્ટ અને પોટાસ કાર્બોનેટને ભેળીને તપાવવાથી ઉત્પન્ન થાય છે.

૩. માટી અને રેતિમાં સિલકન તત્ત્વ હોય છે. પોર્સલેન માટીમાંથી કપરકાબી તૈયાર થાય છે. કર્વૉટ્ઝ નામનો સિલીકાનો પથ્થર કીંમતી હોય છે અને કેમેરાના તથા ચશ્માના લેન્સ તેમજ વિજ્ઞાનના સાહિત્ય બનાવવામાં થાય છે.

પ્રકરણ ૧૫

ધાતુઓ

લોખંડ Iron (Ferrum)

૧. લોખંડની પેદાશ લોખંડ ધાતુ ઘણા જુના કાળથી મનુષ્યે શોધીને ઉપયોગમાં લીધી હતી. ઇસ. સ પૂર્વે બીજા સૈકામાં અને તેથી પણ અગાઉના હિંદુસ્તાનના સાહિત્યમાં લોખંડના ઉપયોગની હકીકત મળી આવે છે. દિલ્હીનો પ્રખ્યાત લોહસ્તંભ ઇ. સ. ૩૦૦ ના અરસામાં તૈયાર થયેલો છે અને હજુ પણ લગભગ કટાયા વિનાની સ્થિતિમાં ઊભો છે. એનું વજન લગભગ છ ટન છે અને ઊંચાઇ ૨૩ ફૂટ છે. હિંદુસ્તાનમાં અનેક જગ્યાએ લોખંડ મળી આવે છે, જેમાં જમશેદપુર અથવા ટાટાનગર મૂખ્ય છે. ઓરીસમાં શીંગભૂમ પ્રદેશમાં અને મધ્ય પ્રાન્તમાં ચંદા ડીસ્ટ્રીકટમાં લોખંડની કાચી ધાતુ મળી આવે છે.

લોખંડની કાચી ધાતુ ઑક્સાઈડ રૂપે મળે છે તેને મૅગ્નેટાઇટ (magnetite) અને હિમેટાઇટ (haemtite or specular iron) કહેવામાં આવે છે; સલ્ફાઇડ રૂપે મળતી કાચી ધાતુને આર્યન પાઇરાઇટ્ (pyrites) કહેવામાં આવે આવે છે; કાર્બોનેટ્ સ્વરૂપે મળી આવતી કાચી ધાતુને લોખંડનો કાર્બોનેટ (સ્પેથીક આર્યન) તથા લોખંડની માટીનો પથ્થર (clay iron stone) કહેવામાં આવે છે.

પ્રથમ કાચી ધાતુને ખૂબ તપાવવામાં આવે છે એટલે તેમાંથી ગંધક, પાણી વગેરે વસ્તુ બળીને ઊડી જાય છે, અને કાચી ધાતુ છિદ્રાળુ બને છે. ત્યાર પછી કોક (કોલસી) અને ચુનાની સાથે

ભેળ કરીને લેાખંડને મેાટી ભઠ્ઠીમાં તપાવી પ્રવાહી બને ત્યાં સુધી તપાવવામાં આવે છે. ભઠ્ઠીમાં કેાલસામાંથી પ્રથમ કાર્બન મેાનૉક્સાઇડ (CO) વાયુ બને છે અને એ વાયુ ભઠ્ઠીમાં ઊંચે ચઢતાં ગરમ લેાખંડમાંથી ઑક્સિજન લઇ લે છે અને કાર્બન મેાનૉક્સાઇડમાંથી કાર્બન ડાયૅાક્સાઇડ (CO_2) બને છે. લેાખંડના ઑક્સાઇડમાંથી ઑક્સિજન નીકળી જવાથી લેાખંડ ધાતુ છૂટી પડે છે. કાર્બન મેાનૉક્સાઇડ રીડ્યુસીંગ પદાર્થ તરીકે કામ કરે છે. આવી રીતે ફેરફાર થયેલું લેાખંડ પ્રવાહી બનીને ભઠ્ઠીની નીચે બેસવા લાગે છે અને એમાં ફૉસ્ફરસ, ગંધક મૅન્ગેનીઝ, કાર્બન અને સિલીકનનેા થેાડેા ભાગ ભળેલેા હેાય છે. આ લેાખંડના પ્રવાહીને મેાટા પીપમાં ઠારવામાં આવે છે અને એને પીગ આયર્ન (pig iron) અથવા ભરતર લેાખંડ કહેવામાં આવે છે.

૨. લેાખંડના ત્રણ પ્રકાર લેાખંડના મૂખ્ય ત્રણ પ્રકાર છે; (૧) ઘડતર લેાખંડ (wrought iron) એ શુદ્ધ પ્રકારનું લેાખંડ હેાવાથી એને ટીપીને પતરાં બનાવી શકાય છે; અને અનેક પ્રકારના ઘાટ ઘડી શકાય છે, (૨) ભરતર લેાખંડ (cast iron); એમાં કાર્બનનું અને બીજાં થેાડા તત્ત્વનું પ્રમાણુ વધુ હેાય છે, એ બરડ છે અને સહેલાઇથી પીગળે છે; એને પીગાળી ઢાળ (casting) પાડવાથી ગમે તે આકારના સાધનેા તૈયાર કરી શકાય છે. (૩) પેાલાદ (steel); પેાલાદ પીગ આયર્નમાંથી તૈયાર કરવામાં આવે છે. ખાસ કરીને કાર્બનનું. તત્ત્વ વધારે પ્રમાણુમાં હેાય છે તેને દૂર કરવું પડે છે, એટલે પીગ આયર્નને ભઠ્ઠીમાં તપાવી ગરમ હવાનેા પ્રવાહ પસાર કરવાથી કાર્બનનેા

મોટો ભાગ બળી જાય છે. બીજી રીત ખૂલ્લી ભઠ્ઠીમાં નાઇટ્રોજન અને કાર્બન મોનૉક્સાઇડના મિશ્રણથી બનેલો પ્રોડ્યુસર (producer) ગૅસ મોકલી લોખંડને તપાવવાની છે. ત્રીજી રીત ઘડતર લોખંડમાં પ્રમાણસર કાર્બન ઉમેરવાની છે. પોલાદ ભરતર અને ઘડતર લોખંડની વચ્ચેનું સ્વરૂપ છે. પોલાદને સાધારણ ગરમ કરી ધીમે ધીમે ઠંડુ પાડવાથી બહુ સ્થિતિસ્થાપક બને છે. એની ધાર કાઢી શકાય છે, એટલે એનાં સ્પ્રિંગ, કમાન, ચપ્પુ, તરવાર વગેરે સાધાનો બને છે. પોલાદના કાયમી લોહચુંબક બને છે અને ભરતર લોખંડ, (soft iron) ને કામચલાઉ વિદ્યુતચુંબક બનાવવામાં ઉપયોગ થાય છે.

૩. લોખંડનાં ત્રણે રૂપોનાં ગુણ ધર્મોની સામ્યતા :—

ગુણો	ઘડતર લોખંડ	ભરતર લોખંડ	પોલાદ લોખંડ
કાર્બનનું પ્રમાણ	૯·૧ થી ૧૦·૨ ટકા	૨·૦ થી ૫·૦ ટકા	૦·૨ થી ૧·૫ ટકા
મેલ્ટીંગ પોઇન્ટ mp.	૧૫૦૦°સે.	૧૨૦૦°સે.	૧૨૦૦°સે. થી ૧૪૦૦°સે.
સાપેક્ષ ઘનતા	૭·૩	૭·૮ થી ૭·૬	૬·૮
સખતપણું	નરમ	સખત	સખત અથવા નરમ બનાવી શકાય છે.
બરડપણું	...	બરડ	...
પાણી ચઢાવવું Tempering	...	...	પાણી ચઢાવી શકાય છે.
ખેંચાણ	તાર ખેંચાય છે	....	તાર ખેંચાય છે.
લોહચુંબક ધર્મો	અસ્થાયી લોહ ચુંબક થાય છે.	...	સ્થાયી લોહચુંબક થાય છે.

૩. કાટ અને ગૅલ્વેનાઇઝડ લોખંડ
Rust and galvanised iron

લોખંડને સહેજ પણ ભીનાશ લાગે કે તુરત કટાવા લાગે છે, એટલે કે હવામાંના ઑક્સિજન સાથે સંયોજિત થઇને લોખંડનો ઑક્સાઈડ બને છે. આથી લોખંડનું વજન વધે છે. (પરંતુ કટાયેલાં લોખંડનું કદ ઘણું વધી જતું હોવાથી એકસરખાં કદનાં લોખંડ અને કાટ લઇએ તો લોખંડ ભારી થશે.) લોખંડ સૌથી સસ્તામાં સસ્તી ધાતુ હોવાથી એનો બહોળો ઉપયોગ થાય છે, પરંતુ કટાવાને લીધે એના પતરાં એમને એમ વાપરી શકાતાં નથી. લોખંડના પતરાંને કટાતાં અટકાવવા માટે ઝીંક (જસત) નો ઢોળ આપવામાં આવે છે. આથી અંદરના પતરાં ઉપર હવા કે ભેજની અસર થતી નથી. ઝીંક નહિ જેવુંજ કટાતું હોવાથી આ જાતના પતરાંનો (જેને ગેલ્વેનાઈઝ્ડ કહેવામાં આવે છે) બહુ ઉપયોગ થાય છે. હવે લોખંડમાં અમુક પ્રમાણમાં ક્રોમિયમ કે મૅન્ગેનીઝ ધાતુ મેળવી ન કટાય એવું (stainless) પોલાદ પણ તૈયાર થાય છે. હાલમાં એવાં પોલાદના ઘર વપરાશના વાસણો પણ મળવા લાગ્યાં છે.

કેરોસિનના ડબ્બા વગેરેને કલાઈનો ઢોળ આપવામાં આવે છે. અને એ પતરાંને ટિન્ડ (tined) પતરાં કહેવામાં આવે છે. જસતના ઢોળવાળાં પતરાં ઘણા લાંબા વખત સુધી જેવાં ને તેવાં રહે છે, જ્યારે ટિન ઉપર હવાની અસર જલદી થવાથી એ પતરાં લાંબો વખત ઉપયોગમાં લઈ શકાતાં નથી.

૪. ફેરસ (લોખંડનો) સલ્ફેટ Ferrous sulphate લોખંડ ઉપર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ નાંખવાથી લોઢાંનો લીલા રંગનો સલ્ફેટ બને છે. એને ગ્રીન વિટ્રિઅલ(green vitriol) અથવા હીરાકસી કહે છે.

લોખંડ + સલ્ફ્યુરીક ઍસિડ = લોખંડનો સલ્ફેટ + હાઇડ્રોજન

$$Fe + H_2SO_4 = FeSO_4 + H_2$$

હિરાકસી રંગમાં, દવામાં અને સાહી તૈયાર કરવામાં વપરાય છે.

તાંબું.

૫. તાંબાની નીપજ તાંબું અસંયોજિત (uncombined) અવસ્થામાં મળી આવે છે. એ સિવાય રૂબી ઓર (ઑક્સાઇડ રૂપે) કૉપર–ગ્લાન્સ (સલ્ફાઇડ રૂપે) અને કૉપર પાયરાઇટ્સ (તાંબાના અને લોઢાના મિશ્ર સલ્ફાઇડ રૂપે) નામની કાચી ધાતુઓ મળી આવે છે. ઘણા જુના વખતથી તાંબાની ધાતુ જાણીતી છે. હિંદુસ્તાનમાં બહાર અને ઓરિસા પરગણામાંથી અને સિકિમમાંથી તાબું મળી આવે છે.

તાંબાના ઑક્સાઇડમાંથી તાબું મેળવવું હોય તો કાચી ધાતુને કોલસા સાથે ભઠ્ઠીમાં તપાવવામાં આવે છે, અને કાર્બન તાબાંના ઑક્સિજન લઇ લે છે અને તાંબુ છૂટું પડે છે.

૬. તાંબાના ગુણધર્મ અને ઉપયોગ તાંબુ લાલ રંગની ધાતુ છે. એ ધાતુ ઘણી નરમ છે અને એના ટીપીને પતરાં બનાવી શકાય છે, તેમજ પાતળા તાર પણ ખેંચી શકાય છે. પાણી કરતાં નવગણી ભારે છે. એ ધાતુનું ઉષ્ણુતાવાહકપણું અને વિદ્યુતવાહકપણું બીજી ધાતુ કરતાં વિશેષ

છે. એટલા માટે તાંબાના તારના દોરડાંનો વિદ્યુતવાહક માટે બહુજ બહોળો ઉપયોગ થાય છે. એના વાસણ બનાવવાનો ઉદ્યોગ પણ સારો ચાલે છે. તાંબાના સિક્કા બનાવાય છે, અને સોનાના દાગીના કે ઘરેણા બનાવવામાં સોનાને કઠણ કરવાં તાંબુ ભેળવવામાં આવે છે. તાંબાની સાથે બીજી ધાતુનું મિશ્રણ કરી મિશ્રધાતુ (alloy) ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે.

૭. મિશ્ર ધાતુઓ alloys

મિશ્ર ધાતુનું નામ	મિશ્રણમાં વપરાતી ધાતુ	પ્રમાણ	વિશિષ્ટ ગુણ કે ઉપયોગ
બેલ–મેટલ (Bell-metal)	તાંબું અને કલાઇ	૬:૧	ઘંટ બનાવવા
પિત્તલ (Brass)	તાંબુ અને જસત	૩:૧	પિળા રંગની ધાતુ તાંબા કરતાં સખત હોવાથી વાસણ બનાવવામાં બહોળો ઉપયોગ.
બ્રોન્ઝ્ (કાંસુ) (Bronze)	તાંબુ અને કલાઇ		કટાય નહિ એવાં વાસણ બનાવવા; ચલણી સીકકા બનાવવા.
જર્મન સીલ્વર (German Silver)	તાંબુ, નીકલ અને ઝીંક		વાસણ માટે.
ગન–મેટલ(Gun-metal)	તાંબુ અને કલાઇ	૯:૧	તોપ બનાવવા.

તાંબાને ભેજવાળી હવામાં રાખવાથી કટાય છે અને હવામાંના પાણી અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ સાથે સંયોજિત થઇને લીલો ક્ષાર બનાવે છે, આ ક્ષાર ઝેરી હોય છે. તાંબાને હવામાં ખૂબ ગરમ કરીએ તો કાળો તાંબાનો ઑક્સાઇડ થાય છે.

સાધારણ જલદ નાઈટ્રિક ઍસિડને તાંબા ઉપર રેડવાથી કૉપર નાઈટ્રેટ્ [$Cu(NO_3)_2$] નામનો વાદળી ક્ષાર ઉત્પન્ન થાય છે. હાઇડ્રોક્લોરિક અને મંદ (dilute) સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ તાંબાનો ખાસ અસર કરતો નથી. જલદ સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ સાથે તાંબાને ગરમ કરવાથી કૉપર સલ્ફેટ ($CuSO_4$) બને છે અને સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુ બહાર પડે છે. કૉપર સલ્ફેટ રંગે ભૂરો હોય છે અને એને બ્લુ વીટ્રીઅલ (blue vitrol) અથવા મોરથુથુ કહેવામાં આવે છે. મોરથુથુના દ્રાવણમાં જો લોખંડ રાખવામાં આવે તો લોખંડનો સલ્ફેટ બનશે અને તાબું છૂટું પડશે અને લોખંડ ઉપર વળગી જશે. મોરથુથું (copper sulphate) ઘણું ઝેરી હોય છે. મોરથુથુ સ્ફટિકરૂપે ભુરા રંગનું હોય છે, છતાં એને ગરમ કરવાથી અંદરનું કેલાસીભવનનું પાણી (water of crystallisation) ઊડી જતાં એનો સફેદ ભુકો થઇ જશે. એ ભુકામાં જો પાછું પાણી ઊમેરીએ તો એ પાછું ભુરા રંગનું થઇ જશે. મોરથુથુ દવામાં વપરાય છે, અને ડેનિયલ કોષ (બૅટરી) માં દ્રાવણ બનાવવામાં આવે છે.

ઍલ્યુમિનિયમ Aluminium

૮. ઍલ્યુમિનિયમની નીપજ

ઍલ્યુમિનિયમ ધાતુ જમીનમાંથી જુદા જુદા પ્રકારની માટી રૂપે (એટલે કે ઑક્સિજન અને સિલીકનના સંયોજન-સિલીકેટ્સ રૂપે) પુષ્કળ જથ્થામાં મળી આવે છે. માટીના ઉપયોગ સિલીકનવાળાં પ્રકરણમાં જોઇ ગયા છીએ. એમિરી, રૂબી, એમીથીસ્ટ, સેફાયર, ટ્રોપેઝ્ વગેરે કિંમતી પત્થરોમાં ઍલ્યુમિનિયમનું સારૂં સરખું પ્રમાણ હોય છે. માટીમાંથી પ્રથમ

ઍલ્યુમિનિયમ ઑક્સાઇડ (ઍલ્યુમિના બનાવવામાં આવે છે.) બૉક્ષાઈટ્ (bauxite) નામના કાચા ખનિજમાં ઍલ્યુમિનિયમ ઑાક્સાઇડ ભળેલેા હોય છે. આ ઑાક્સાઇડમાંથી ઍલ્યુમિનિયમ વિદ્યુત ભઠ્ઠીમાં છૂટું કરવામાં આવે છે. મદ્રાસમાં સારા જથ્થામાં આ ધાતુ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે.

ઍલ્યુમિનિયમ ધાતુ હલકી છે અને જલદ્ ઉષ્ણુતાવાહક હોવાથી વાસણ બનાવવામાં એનેા બહોળેા ઉપયેાગ થાય છે. વનસ્પતિના અથવા ઉદ્ભિજ ઍસિડની અસર પિત્તળ કે તાંબાના વાસણ ઉપર ઘણી થાય અને તેથી એ વાસણેાને કલાઈ કરાવવી પડે છે, જ્યારે ઍલ્યુમિનિયમ ઉપર એવી અસર થતી નથી એટલે એ વાસણેા એમને એમ વાપરી શકાય છે. મીઠાંવાળી વસ્તુ હોય તેા એ ધાતુને અસર થાય છે, પરંતુ એનેા કાટ પિત્તળ કે તાંબાના કાટની પેઠે ઝેરી હોતેા નથી.

૯. ફટકડી
Alum

ફટકડી ઍલ્યુમિનિયમ અને પેાટાસિયમ ધાતુનેા સંયેાજિત સલ્ફેટ છે અને એને પેાટાશિયમ ઍલ્યુમિનિયમ સલ્ફેટ કહેવામાં આવે છે.

ફટકડી હિંદુસ્તાનમાં રજપુતાના, બિહાર, કચ્છ અને પંજાબમાં મળી આવે છે. ફટકડીમાં મેલ હોય છે તે દૂર કર્યા પછી ફટકડીનું કૅલાસીભવન (crystallisation) કરવામાં આવે છે. એના બહુ મેાટા સ્ફટિકેા બંધાય છે, અને તેમાં ઘણા પ્રમાણમાં કૅલાસીભવનમાં પાણી રહેલું હોય છે. ફટકડીને ગરમ કરતાં એ પાણી બહાર નીકળતું માલૂમ પડશે.

ફટકડીનેા ઉપયેાગ રંગવાના ઉદ્યોગમાં થાય છે. રંગ આપતાં પહેલાં કપડાંને ફટકડીના દ્રાવણમાં ભીંજવી રાખવામાં

આવે છે. ફટકડીના થરને લીધે કપડાંના તાંતણા ઉપર રંગ મજબુત રીતે ચોંટી જાય છે. ચામડાં કેળવવા (tanning) માં પણ ફટકડી ઉપયોગમાં લેવાય છે. મીણબત્તિ બનાવવામાં તેમજ ચરબી સાફ કરવામાં અને કેટલાક રોગોમાં ફટકડીનો ઉપયોગ થાય છે. દાંતના અવાળુ મજબુત કરવા ફટકડીના કોગળા કરવામાં આવે છે. એનામાં ચામડીને સંકોચવાનોનો ગુણ રહેલો છે.

કૉલ અને સીમેન્ટ (mortar and cement) બનાવવામાં પણ ઍલ્યુમિનિયમના તત્ત્વવાળી માટીનો ઉપયોગ થાય છે. એ વિષે કૅલ્સિયમ ધાતુના પ્રકરણમાં વિવેચન કરવામાં આવશે.

મૅગ્નેસિયમ.

૧૦. મૅગ્નેસિયમની નીપજ મૅગ્નેસિયમના ક્ષારો અનેક સ્થળે મળી આવે છે, અને ઘણુંખરૂં કૅલ્સિયમ ધાતુના સંયોજન સાથે સંયુક્ત હોય છે. મૅગ્નેસિયમ કાર્બોનેટ (મૅગ્નેસાઇટ્) (magnesite) અને મૅગ્નેસિયમ અને કૅલ્સિયમનો બેવડો કાર્બોનેટ (ડોલોમાઇટ dolomite) માંથી મૅગ્નેસિયમ મેળવવામાં આવે છે. હાડકામાં પણ કૅલ્સિયમ ફૉસ્ફેટની સાથે મૅગ્નેસિયમ ફૉસ્ફેટ રૂપે ભળેલો હોય છે. સમુદ્રના પાણીમાં મૅગ્નેસિયમ ક્લોરાઇડ્ ક્ષાર હોય છે, અને એનું વિદ્યુત પૃથક્કરણ (electrolysis) કરવાથી મૅગ્નેસિયમ ધાતુ છૂટી પડે છે.

મૅગ્નેસિયમ રૂપાના જેવી સફેદ અને ચકચકીત ધાતુ છે, પરંતુ બહુ હલકી છે. એ ધાતુ સહેલાઇથી બળે છે અને એકદમ ઉજ્જવલ પ્રકાશ આપે છે. આથી દિવાળીના દિવસોમાં બાળકો વિજળીના તારને નામે ઓળખાતી આ ધાતુની સળીઓ બાળે છે. દારૂખાનું બનાવવામાં એનો ઉપયોગ થાય છે. અંધારામાં

ફોટો લેવો હોય તો મૅગ્નેસિયમ ધાતુનો ભુકો સળગાવી પ્રકાશ (flashlight) પાડવામાં આવે છે.

એ ધાતુ બળી જવાથી મૅગ્નેસિયમ ઑક્સાઇડ (MgO) નો સફેદ ભુકો મળી આવે છે, એ ભુકાને પાણીમાં ઓગાળતાં મૅગ્નેશિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ બને છે અને એ રાતાં લિટ્મસને ભુરું બનાવે છે. મૅગ્નેસિયમ કાર્બોનેટને ગરમ કરતાં મૅગ્નેસિયમ આક્સાઇડ અને કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ ઉત્પન્ન થાય છે.

મૅગ્નેસિયમ કાર્બોનેટ = મૅગ્નેસિયમ ઑક્સાઇડ + કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ

$$MgCO_3 = MgO + CO_2$$

અને

મૅગ્નેસિયમ ઑક્સાઇડ + પાણી = મૅગ્નેસિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ

$$MgO + H_2O = Mg(OH)_2$$

મૅગ્નેસિયમ ઑક્સાઇડ અથવા મૅગ્નેસિયમ ધાતુ ઉપર ગંધકનો તેજાબ (સેલ્ફ્યુરીક ઍસિડ) નાંખવાથી મૅગ્નેસિયમ સલ્ફેટ ઉત્પન્ન થાય છે. આ ક્ષાર કુદરતી રીતે અને સમુદ્રના પાણીમાં પણ કેટલાંક પ્રમાણમાં ભળેલો હોય છે. આ ક્ષારને કડવું મીઠું (bitter salt) અથવા વિલાયતી મીઠું કે ઇપ્સમ સોલ્ટ (epsom salt) કહેવામાં આવે છે. એ મીઠું રેચક હોવાથી દવા તરીકે એનો બહોળો ઉપયોગ થાય છે.

પારો Mercury

૧૧. પારાની નીપજ પારો ગંધક સાથે ભળેલો કુદરતી રીતે મળી આવે છે, અને એ ખનિજની 'સીનાબાર (cinnabar)' અથવા પારાનો સલ્ફાઇડ કહેવામાં

આવે છે. સ્પેન, ટસ્કની અને દક્ષિણ અમેરિકામાં પારાની ખાણો છે.

પારો દેખાવમાં રૂપા જેવો ચળકતો હોય છે અને સાધારણ ટેમ્પરેચરે પ્રવાહી સ્વરૂપમાં માત્ર એકજ ધાતુ મળી આવે છે. ઘણી ઠંડક આપવાથી પારો ઘન થઇ શકે છે. હુવામાં બહુજ ધીમે પારાનો ઑક્સાઇડ બને છે. એની ઘનતા ૧૩·૬ ગ્રા. ઘ. સેમિ છે. પારો –૪૦° સે. એ ઘન થાય છે. અને ૩૫૭° સે. એ ઊકળે છે. ૩૧૫° સે. એ હુવામાં પારાને તપાવવાથી પારાનો ઑક્સાઇડ બને છે. $2\,Hg + O_2 = 2\,HgO$. અને પારાના ઑક્સાઇડ ને વધારે ગરમ કરવાથી પાછો પારો છૂટો પડે છે. $2\,HgO = 2\,Hg + O_2$.

પારાનો બૅરોમિટર (વાયુભારમાપક) અને થર્મોમિટર બનાવવામાં ખૂબ ઉપયોગ થાય છે. આરસા બનાવવામાં કલાઇ અને પારાનું મિશ્રણ વપરાય છે. પ્રયોગશાળામાં પાણીમાં દ્રાવ્ય ઍમોનિયા અને હાઇડ્રોક્લોરીક વાયુ જેવા વાયુને સ્થળાંતર કરી મેળવવામાં પારો વપરાય છે. પારાના ક્ષારોનો દવામાં બહોળો ઉપયોગ થાય છે, પારાને થોડી માટી સાથે મિશ્રણ કરી અનાજમાં નાંખવાથી જંતુઓ પડતાં નથી. દૂરબિન વડે આકાશનું નિરીક્ષણ કરવા પ્રતિબિંબક (reflector) તરીકે પારાની સ્વચ્છ સપાટીનો આરસારૂપે ઉપયોગ થાય છે.

પારાને બીજી ધાતુ સાથે સહેલાઇથી ભેળીને મિશ્રણ થઇ શકે છે. એ મિશ્રણને ઍમેલ્ગમ(amalgam) નામ આપવામાં આવે છે, કારણ કે એ સાદાં મિશ્રણ જેવું હોતું નથી પરંતુ કંઇક સંયોજિત રૂપે હોય છે, પરંતુ એ સંયોજન પણ હોતું

નથી. પારાનું તાંબા, સોના કે જસતની સાથનું ઍમેલ્ગમ દાંત પૂરવામાં વપરાય છે.

૧૨. પારા ઉપર તેજાબની અસર પારાનો ગંધકના તેજાબની સાથે સંયોગ થવાથી મકર્યુરિક સલ્ફેટ બને છે અને સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ વાયુ છૂટો પડે છે.

$$Hg + 2H_2SO_4 = HgSO_4 + 2H_2O + SO_2$$

પારો　સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ　મકર્યુરિક સલ્ફેટ　પાણી　સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ

પારાની સાથે ગરમ અને જલદ (hot and concentrated) નાઇટ્રિક ઍસિડ ભળે તો મકર્યુરિક નાઇટ્રેટ ઊત્પન્ન થાય છે.

પારો　નાઇટ્રિક ઍસિડ　મકર્યુરિક નાઇટ્રેટ　પાણી　નાઇટ્રોજન પેરૉક્સાઇડ

$$Hg + 4HNO_3 = Hg(NO_3)_2 + 2H_2O + 2NO_2$$

પારો અને ઠંડો તથા મંદ (cold and dilute) નાઇટ્રિક ઍસિડ ભળે તો મકર્યુરસ નાઇટ્રેટ બને છે.

પારો　નાઇટ્રિક ઍસિડ　મકર્યુરસ નાઇટ્રેટ　પાણી　નાઇટ્રિક ઑક્સાઇડ

$$3Hg + 4HNO_3 = 3HgNo_3 + 2H_2O + NO$$

૧૩. પારાના ક્ષારો કેલોમલ અથવા મકર્યુરસ ક્લોરાઇડ કુદરતી અવસ્થામાં સ્પેનમાં જથ્થાબંધ મળી આવે છે. એક અણુ પારાનો અને એક ક્લોરિનનો મળી કેલોમલ (calomel) અથવા મકર્યુરસ ક્લોરાઇડ બને છે. એનો ઉપયોગ જુલાબ તરીકે થાય છે. હિંદમાં એને રસકપુર અથવા હરિણપારદ કહેવામાં આવે છે. એ ક્ષાર સફેદ ભુકારૂપ હોય છે અને પાણી તથા ઍસિડમાં અદ્રાવ્ય હોય છે.

પારો અને મકર્યુરિક ક્લોરાઈડને તપાવવાથી મકર્યુરસ ક્લોરાઇડ મળે છે. ($Hg + HgCl_2 = 2\ HgCl$) આ ક્ષારને તપાવીએ તો તે સબ્લિમેટ (sublimate) થઈને ઊડી જાય છે. એ ક્ષારને જો ગરમ પાણીમાં નાંખીએ તો તેનું રૂપાંતર થઇને મકર્યુરિક ક્લોરાઇડ ($HgCl_2$) બને છે. આ ક્ષાર ઝેરી છે. પારામાં ક્લોરીન વાયુ પસાર કરવાથી આ ક્ષાર પેદા થાય છે. ($Hg + Cl_2 = HgCl_2$) મીઠું અને મકર્યુરિક સલ્ફેટના મિશ્રણને તપાવવાથી મકર્યુરિક ક્લોરાઈડનો પાસાદાર પદાર્થ બને છે.

સોડિયમ ક્લોરાઇડ		મકર્યુરિક સલ્ફેટ		મકર્યુરિક ક્લોરાઇડ		સોડિયમ સલ્ફેટ
$2NaCl$	+	$HgSO_4$	=	$HgCl_2$	+	Na_2SO_4

આ ક્ષારને હિંદમાં હરિણુપારદ કહેવામાં આવે છે. આ ક્ષાર પેટમાં જાય તો ભયંકર રેચ લાગે છે અને તેથી મૃત્યુ નીપજે છે.

મકર્યુરિ સલ્ફાઇડ (HgS) ની કાચી ધાતુ કુદરતી અવસ્થામાં મળી આવે છે. પારો અને ગંધકને ગરમ કરવાથી મકર્યુરિ સલ્ફાઈડ (HgS) મળે છે. એને વધારે ગરમ કરવામાં આવે તો પારો છૂટો પડે છે. મકર્યુરિક ક્લોરાઇડ ($HgCl_2 + H_2S = HgS + 2\ HCl$) અને સલ્ફ્યુરેટેડ હાઈડ્રોજનને ભેળવવામાં આવે તો કાળો મકર્યુરિ સલ્ફાઇડ મળે છે (vermillion). એને પાછો ગરમ કરવાથી મકર્યુરિક સલ્ફાઇડ મળે છે. સ્ત્રીઓ ચાંલ્લો કરવા જે કુંમકુંમ (હિંગળો) વાપરે છે તે આ રાતો મકર્યુરિક સલ્ફાઇડજ છે.

૧૪. કૅલ્સિયમની નીપજ આ ધાતુ એમને એમ મળી આવતી નથી પરંતુ કાર્બોનેટ અને સલ્ફેટ રૂપે મોટા જથ્થામાં મળી આવે છે. આરસપહાણ

પત્થર, પરવાળાં, ચાક વગેરે સર્વ પદાર્થો કૅલ્સિયમના કાર્બોનેટ છે. કૅલ્સિયમ ક્લોરાઇડ ક્ષારનું વિદ્યુત પૃથક્કરણ કરીને આ ધાતુ છૂટી પાડવામાં આવે છે. એ ધાતુ નરમ રૂપાળા જેવી હોય છે અને તપાવવાથી બળવા લાગે છે અને કૅલ્શિયમ ઑક્સાઇડ (કળી ચૂનેા) બને છે.

કૅલ્સિયમ કાર્બોનેટ (ચૂનાના પત્થર અથવા ચાકને તપાવવાથી કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ અને કૅલ્સિયમ ઑક્સાઇડ ઉત્પન્ન થાય છે.

કૅલ્સિયમ કાર્બોનેટ = કૅલ્સિયમ ઑક્સાઇડ + કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ

$$CaCO_3 = CaO + CO_2$$

૧૫. કળીચૂનેા Lime ઉપર દર્શાવેલી રીતથી જે કૅલ્સિયમ ઑક્સાઇડથી (CaO) ઉત્પન્ન થાય છે. તેને કળીચૂનેા (lime અથવા quick lime) કહેવામાં આવે છે. એ સફેદ ભૂકારૂપ હોય છે અને પાણીમાં એનું મિશ્રણ કરવાથી પુષ્કળ ગરમી ઉત્પન્ન થાય છે. ચૂનાને ઑક્સિજન અને હાઇડ્રોજનના જ્યેાતમાં ગરમ કરવામાં આવે તેા બહુ જ ઉજ્જવલ પ્રકાશ આપે છે અને એ પ્રકાશને લાઇમ-લાઇટ (lime-light) કહેવામાં આવે છે. ચનાના નિતર્યાં પાણીને લાઇમવેાટર (lime water) કહેવામાં આવે છે, કારણ કે એમાં કૅલ્સિયમ ઑાક્સાઇડ થેાડા પ્રમાણમાં ઓગળેલેા હોય છે. ચૂનાનેા ભીંજવેલેા ભૂકેા પાન ખાવામાં વપરાય છે, કારણ કે હાડકામાં કૅલ્સિયમ તત્ત્વ ઘણા પ્રમાણમાં હોય છે, તેને પેાષણ મળે છે. ચૂનાનું પાણી કૅલ્શિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ [$Ca(OH)_2$] છે અને એમાં રાતું લિટ્મસ ભુરૂં થાય છે. આ પાણીમાં ફૂંક મારી અથવા બીજી રીતે કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ

વાયુ દાખલ કરવામાં આવે તેા કૅલ્સિયમ કાર્બોનેટ ઉત્પન્ન થાય છે અને એ ક્ષાર અદ્રાવ્ય હેાવાથી નિતર્યું પાણી દૂધિયા રંગનું બને છે.

કૅલ્શિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ	+	કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ	=	કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ	+	પાણી
$Ca(OH)_2$	+	CO_2	=	$CaCO_3$	+	H_2O

ચૂનાને પાણીમાં ભીંજવી દિવાલને રંગવામાં વાપરવામાં આવે છે. કેટલાક માટી મિશ્રીત ચનાને રેતી અને પાણીની સાથે ભેળીને ઈંટવાળાં ઘર બાંધવાના કૉલ (mortar) બનાવવામાં ઉપયેાગ થાય છે. કૉલમાંનેા ભીંજવેલેા ચૂનેા જ્યારે સુકાય છે ત્યારે તે હવામાંનેા કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ લઇ લે છે અને કૅલ્સિયમ ઑક્સાઇડમાંથી કૅલ્સિયમ કાર્બોનેટ બને છે, અને તેથી એ ઈંટને સજડ ચેાટાંડી મજબુત બનાવી દે છે.

કૅલ્સિયમ ઑક્સાઇડમાં ક્લેારીન વાયુ પસાર કરીને બ્લિચીંગ પાઉડર બનાવવામાં આવે છે તે આગળ જોયું છે. એક જાતનેા ચૂનાનેા પથ્થર (lime stone) અને માટીને બાળવાથી સિમેન્ટ (cement) ઉત્પન્ન થાય છે. આ ભુકાને ભેજ વિનાનેા રાખવાથી જેમનેા તેમ રહે છે, પરંતુ પાણીમાં ભેળી સુકાવા દેવાથી એ સજ્જડ બની ઘન સ્વરૂપ પકડે છે. ઘણું ખરૂં પાણીમાં ભીંજવવાથી કૅલ્શિયમ અને સિલીકનના મિશ્રણરૂપ કૅલ્સિયમ સિલીકેટ બનવાથીજ સિમેન્ટ નક્કર બને છે.

૧૬. કૅલ્સિયમના બીજા ક્ષારેા કૅલ્સિયમ ઑક્સાઇડને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ સાથે ભેળવવામાં આવે તેા તેમાંથી કૅલ્સિયમ સલ્ફેટ ($CaSO_4$) નામનેા ક્ષાર ઉત્પન્ન થાય છે. જમીનમાંથી કુદરતી મળતા આ ક્ષારને જીપ્સમ

સોલ્ટ (gypsum salt) કહેવામાં આવે છે. એમાં કેલાસીભવનનું પાણી હોય છે તેને ગરમ કરી ઊરાડી દેવામાં આવે છે, એટલે આ ક્ષારનો ભુકો થઇ જાય છે. એ ભુકાને પ્લાસ્ટર ઑફ પૅરીસ કહેવામાં આવે છે. આ પાઉડરને પાણીમાં ભેળી થોડી વાર રહેવા દઇએ એટલે અતિ કઠણ પથ્થરના જેવો બંધાઈ જાય છે. આથી એનો ઉપયોગ પ્લાસ્ટરના નમૂના બનાવવામાં થાય છે.

કૅલ્શિયમ ક્લોરાઇડ નામનો ક્ષાર સમુદ્રના પાણીમાં હોય છે. કૅલ્સિયમ ઑક્સાઇડ અને હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડના સંયોજન થવાથી કૅલ્સિયમ ક્લોરાઇડ ઉત્પન્ન થાય છે. આ ક્ષાર ભેજગ્રાહક (hygroscopic) હોવાથી હવાને અથવા વાયુને (ભેજમૂકત) કરવામાં વાપરવામાં આવે છે.

કૅલ્શિયમ ફૉસ્ફેટ $Ca_3\ (P_2O_5)_2$ ક્ષાર કુદરતમાં ઘણા પ્રમાણમાં મળી આવે છે. હાડકાંના બંધારણમાં આ ક્ષાર મૂખ્ય છે. આ ક્ષાર ખાતર તરીકે ઉપયોગમાં લેવાય છે. સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ હાડકાં ઉપર રેડવાથી ફૉસ્ફોરિક ઍસિડ ઉત્પન્ન થાય છે. એમાંથી જ ફૉસ્ફરસ પણ બનાવવામાં આવે છે,

કૅલ્સિયમ કાર્બાઇડ નામનો બીજો એક ક્ષાર, વિદ્યુત ભઠ્ઠીમાં ચાક કે ચૂનાના કટકાને કાર્બન સાથે તપાવવામાં આવે તો ઉત્પન્ન થાય છે. આ ક્ષારની વાસ બહુ ખરાબ આવે છે; એના ઉપર પાણી રેડવામાં આવે તો ઍસિટિલિન નામનો વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે અને એ વાયુને કૉલગૅસની પેઠે સળગાવી શકાય છે, અને પુષ્કળ તેજ આપે છે,

કૅલ્શિયમ કાર્બાઇડ + પાણી = કૅલ્શિયમ હાઇડ્રૉક્સાઇડ + ઍસિટિલિન વાયુ

$$CaC_2 + 2H_2O = Ca(OH)_2 + C_2H_2$$

કૅલ્સિયમ કાર્બાઇડના ગાંગડા બજારમાં વેચાતા મળે છે. અને જ્યાં વિજળી કે ગૅસ મળતો ન હોય ત્યાં આ ગેસના દીવા મૅજીક લેન્ટર્નમાં, બાઇસીકલમાં અથવા મોટરકારમાં વપરાય છે.

૧૭. કોલ mortar

ચુનો, રેતી અને પાણી અમુક પ્રમાણમાં ભેળવાથી તેનો કૉલ બને છે. ચણતરકામ કરવામાં ઇંટોને જોડવામાં તેનો ઉપયોગ થાય છે. એ મિશ્રણમાંથી પાણી ઊડી જાય છે, એટલે તે કઠિન બની જાય છે અને ઈંટોને મજબુત રીતે સાંધી દે છે. ચૂનો હવામાંથી કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ ખેંચે છે અને તેનો કૅલ્સિયમ કાર્બોનેટ બને છે, તેમજ ચનો રેતી જોડે ધીમે ધીમે સંયોજિત થવાથી કૅલ્સિયમ સિલિકેટ બને છે. એકલો ચૂનો વાપરવામાં આવે તો તે સુકાઈ જાય ત્યારે તેમાં તડ પડે છે. રેતી ઉમેરવાથી મિશ્રણ છિદ્રાળુ બને છે અને તેમાં તડ પડતી નથી અને તેમાં જોઈતા પ્રમાણમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ વાયુ પસાર થઇને બધે પહોંચે છે.

૧૮. પ્લાસ્ટર ઑફ પૅરિસ Plaster of Paris

કેલ્સિયમ સલ્ફેટ ($CaSO_4, 2H_2O$) જીપ્સમને ૧૨૦° સે. સુધી ગરમ કરીએ તો તેમાંથી કેલાસિભવનનું પાણી (સ્ફટિક–જળ) ઊડી જાય છે અને માત્ર સફેદ ભુકો રહી જાય છે. એને પ્લાસ્ટર ઑફ પૅરિસ કહેવામા આવે છે. આ ભુકાને ભેજ વગરના સ્થળે બંધ ડબ્બામાં રાખવામાં આવે છે. એમાં એના $\frac{1}{3}$ વજન જેટલું પાણી નાંખવામાં આવે તો તે થોડીવારમાં બહુ કઠિન ઘન પદાર્થ બની જાય છે. એનો ઉપયોગ પુતળાંના આકાર તેમજ બીબાં બનાવવામાં થાય છે.

પ્રકરણ ૧૬

કેટલાક અગત્યના ક્ષારો

૧. કેટલાક અગત્યના ક્ષારના ગુણધર્મ અને ઉપયોગ

(૧) બોરેક્ષ (borax):–બોરોન (boron) નામનું તત્ત્વ ઍસિડ અને બેઇઝ બન્ને તરીકે કામ કરે છે. એ તત્ત્વનો પાઇરોબારીક ઍસિડ ($H_2B_4O_7$) બને છે અને તેની સાથે સોડિયમ ધાતુનો સંયોગ થવાથી સોડિયમ બોરેટ નામનો પદાર્થ ઉત્પન્ન થાય છે. એને બોરેક્ષ કહેવામાં આવે છે. બોરેક્ષ, ટંકણખાર ($Na_2B_4O_7$, $10H_2O$.) હિંદુસ્થાન ટિબેટ અને બીજા દેશોમાંથી અશુદ્ધ ટંકણખાર મળી આવે છે. તેમાંથી પાણીમાં ઓગાળી કેલાસિભવન કરવાથી એને શુદ્ધ કરી શકાય છે. પાણીમાં એનું દ્રાવણ થાય છે તે આલ્કલાઈન હોય છે.

એ જંતુનાશક (anesthetic) છે. ટંકણખારને (borax) ગરમ કરવાથી ફૂલે છે અને એમાંથી પાણી ઊડી જાય છે.

એનો ઉપયોગ રેવણ (soldering) કરવામાં થાય છે. બે ધાતુને ગરમ કરી જોડવી હોય હોય તો બન્ને વચ્ચેની સપાટી તદ્દન ચોકખી હોવી જોઇએ. જો એ સપાટી ઉપર ઑક્સાઇડનો સહેજ પણ અંશ રહ્યો હોય તો બન્ને ધાતુનું જોડાણ થતું નથી. બે ધાતુનો સંયોગ કરવાનો હોય ત્યાં બોરેક્ષને મૂકી બન્ને ધાતુને ગરમ કરવામાં આવે છે એટલે એ ક્ષાર પીગળીને ઍસિડની પેઠે રહી ગયેલા ઑક્સાઇડને ઓગાળી દૂર કરે છે.

(૨) પોટાશિયમ પરમૅન્ગેનેટ (potassium permanganate) :—મૅન્ગેનીઝ ધાતુનો આ સૌથી વધું ઉપયોગી ક્ષાર છે. એ ક્ષાર પોટાશિયમ, મૅન્ગેનીઝ, અને ઑક્સિજનનો બનેલો છે. અને ($KMnO_4$) વડે દર્શાવવામાં આવે છે. એના કાળા લીલાશ પડતા રંગના સ્ફટિક બને છે. એ પાણીમાં દ્રાવ્ય હોય છે એનું જાંબુડી રંગનું દ્રાવણ બને છે. એ ઑક્સિડાઇઝીંગ પદાર્થ છે; અને તેથી જંતુનાશક (germicide) તરીકે ઘણો ઉપયોગ થાય છે. કૂવા કે તળાવના પાણી ખરાબ થયાં હોય, તો એ ક્ષાર નાંખી શુદ્ધ કરવામાં આવે છે. ૨૪૦° સે. ટેમ્પરેચરે ગરમ કરવાથી એનું વિઘટન થાય છે અને તેમાંથી ઑક્સિજન છૂટો પડે છે અને શેષમાં કાળો ભૂકો રહે છે. ચેપનો નાશ કરવા માટે તેમજ જંતુઓને મારવામાટે એનાં દ્રાવણનો ઉપયોગ કરવામાં આવે છે. દાંત બગડ્યા હોય તો તેના કોગળા કરવા જરૂરી છે. કૂવામાં નાંખવાથી બગડેલું પાણી શુદ્ધ થાય છે.

(૩) પોટાશિયમ ક્લોરાઈડ (potassium cloride,KCl):–આ ક્ષાર કુદરતી સ્વરૂપમાં સમુદ્રના અને ખાસ કરીને સ્ટાસફર્ટના જમીનના પડમાંથી મળી આવે છે. એનો ઉપયોગ બનાવટી ખાતર માટે થાય છે. આ ક્ષાર મીઠાંના જેવોજ છે અને પોટાશિયમ ધાતુ આ ક્ષારના દ્રાવણમાંથી વિદ્યુત પૃથક્કરણ (electrolysis) કરી મેળવવામાં આવે છે.

(૪) પોટાસિયમ ક્લોરેટ (potassium chlorate, $KClO_3$):—પોટાસિયમના આ ક્ષારને ગરમ કરવાથી તેનું વિઘટન થઈ તેમાંથી ઑક્સિજન છૂટો પડે છે. $2\ KClO_3 = 2\ KCl + 3O_2$ તેના ઉપયોગ દારૂખાનું બનાવવામાં થઇ શકે છે, દીવાસળી બનાવવામાં પણ એ વપરાય છે.

(૫) સિલ્વર (રૂપા)ના હેલાઇડ્સ (silver halides):-ક્લોરીન બ્રોમીન અને આયૉડિન સાથે રૂપાના જે ક્ષાર ઉત્પન્ન થાય છે એને સિલ્વર હેલાઇડ્સ કહેવામાં આવે છે.

સિલ્વર ક્લોરાઇડ (AgCl) રૂપાના હાઇડ્રોક્લોરીક ઍસિડમાં નાંખવાથી ઉત્પન્ન કરી શકાય છે. કોઇ પણ દ્રાવ્ય (soluble) ક્ષારમાં ક્લોરીનનું તત્વ હોય તે જાણવા સિલ્વર નાઇટ્રેટ ($AgNO_3$) જેવો દ્રાવ્ય ક્ષાર દ્રાવણમાં નાંખવામાં આવે છે, એટલે તેમાંથી સિલ્વર ક્લોરાઇડ ઉત્પન્ન થાય છે. સિલ્વર ક્લોરાઇડ અદ્રાવ્ય હોવાથી દ્રાવણમાં તરતજ સફેદ રગડા જેવો ભેળ (white curdy precitate) ઉત્પન્ન થાય છે. જો મીઠાંના દ્રાવણમાં સલ્વર નાઇટ્રેટ નાંખીએ તો તરતજ આવો ભેળ દેખાઇ આવે છે.

સોડિયમ ક્લોરાઇડ (મીઠું)	+	સિલ્વર નાઇટ્રેટ	=	સોડિયમ નાઇટ્રેટ	+	સિલ્વર ક્લોરાઇડ
NaCl	+	$AgNO_3$	=	$NaNO_3$	+	AgCl

સોડિયમ નાઇટ્રેટ દ્રાવ્ય હોવાથી માત્ર સિલ્વર ક્લોરાઇડ ભેળ રૂપે રહે છે.

સિલ્વર બ્રોમાઇડ (AgBr) અને સિલ્વર આયૉડાઇડ (AgI) ક્ષારનો ફોટોગ્રાફની પ્લેટ બનાવવામાં ઉપયોગ થાય છે, કારણ કે એ ક્ષારો પ્રકાશગ્રહણપટુ (light sensitive) હોવાથી અંધારામાં એ ક્ષારનો લેપ ફોટોગ્રાફિક પ્લેટ ઉપર કરવામાં આવે છે. જ્યાં પ્રકાશ પડે ત્યાં એ ક્ષારનું વિભાજન થાય છે અને પાછળથી રસાયણિક ક્રિયા વડે એ ફેરફારને કાયમી બનાવી ફોટો તૈયાર કરવામાં આવે છે. સિલ્વર નાઇટ્રેટને

પ્રકાશમાં રાખીએ તો એ તુરત કાળો પડતો જણાય છે. સિલ્વર બ્રોમાઇડ અને આયોડાઇડ દવામાં પણ વપરાય છે.

(૬) સ્ટાર્ચ (starch):-સ્ટાર્ચ ખોરાકનું મહત્વનું અંગ છે. એ ઉદ્‌ભિજ (organic) સંયોજન છે. વનસ્પતિના પાંદડાં અને મૂળમાં ખાસ કરીને રહેલો છે. બટાટા, ચોખા, એરોરૂટ વગેરેનું સ્ટાર્ચ મૂખ્ય અંગ છે. સ્ટાર્ચ શિથિલ (neutral) પદાર્થ છે. એ સ્ફટિક રૂપ નથી પરંતુ નાના નાના કોષો (cells) નો બનેલો હોય છે. ઠંડા પાણીમાં સ્ટાર્ચ ઓગળતો નથી પરંતુ ગરમ પાણીમાં એના કોષો ફાટી જઇને ઓગળે છે. આ દ્રાવણ ઠંડુ પાડીએ ત્યારે ઘટ્ટ લેપ (paste) જેવું બને છે અને કપડાંને કડક બનાવવા માટે ઉપયોગ થાય છે.

સ્ટાર્ચ ($C_6H_{10}O_5$) કાર્બન, હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનનો બનેલો પદાર્થ છે. એના ઉપર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ નાંખીએ તો તુરત જ બળી જાય છે, અને હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન છૂટા પડીને માત્ર કોલસો નીચે રહી જાય છે. કોઇ દ્રાવણમાં સ્ટાર્ચ હોય તો તેમાં આયોડિનથી ભીંજવેલું કાગળ દાખલ કરવાથી ભુરૂં થઇ જાય છે. એ ભુરો રંગ ગરમ કરવાથી ઊડી જાય છે, પરંતુ કાગળ ઠંડો પડતાં પાછો દેખાય છે.

(૭) ખાંડ (sugar):—ખાંડ શેરડીના રસમાંથી, બીટ-રૂટમાંથી, મધમાંથી અને ફળમાંથી તૈયાર કરવામાં આવે છે. ખાંડ અનેક જાતની હોય છે. શેરડીની ખાંડ, અને ફળોમાંથી મળતી ખાંડ જુદી હોય છે. એ પણ કાર્બન, હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનની બનેલી છે. એટલે ઍસિડ રેડવાથી હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજન દૂર થવાથી ખાંડનો કોલસો બની જાય છે.

જુદી જુદી ખાંડમાં ત્રણે તત્ત્વોનું પ્રમાણ પણ વત્તુંઓછું હોય છે અને તેથી તેમની મીઠાશમાં પણ ફેર પડે છે.

(૮) આલ્કૉહૉલ (alcohol):—આલ્કૉહૉલ રંગ વિનાનું અક્રિય અને ઊડી જાય એવું (volatile) અને ઉદ્‌ભિજ (organic) પ્રવાહી છે. એ પણ કાર્બન, હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનના (C_2H_6O) સંયોજનનો બનેલો પદાર્થ છે. એ ઝટ સળગી ઊઠે છે.

દ્રાક્ષ અને મહુડાં જેવાં ફળો જેમાં ગ્લુકોસ નામનો પદાર્થ હોય છે. એનું ફર્મેન્ટેશન (fermentation) થવાથી આલ્કૉહૉલ બને છે. લાંબો વખત રાખી મૂકવાથી યીસ્ટ (yeast) જેવા સૂક્ષ્મ ઉદ્‌ભિજ કણો (organisms) ને લીધે જ ફર્મેન્ટેશન થાય છે. સ્ટાર્ચમાંથી અને ગોળની છારીમાંથી પણ આલ્કૉહૉલ મેળવી શકાય છે. મોટા પાયા ઉપર સ્ટાર્ચમાંથી અને ખાંડ બનાવવામાં ઉત્પન્ન થતા મળ (છારી) માંથી આલ્કૉહૉલ તૈયાર કરવામાં આવે છે.

આલ્કૉહૉલના અનેક જાતના માદક પીણા બને છે. ચોકખો આલ્કૉહૉલ બહુ જલદ હોવાથી વત્તાઓછા પ્રમાણમાં પાણીની સાથે ભેળ કર્યા પછી જ પીવામાં ઉપયોગ થાય છે. આંતરદહન (internal combustion) યંત્રોમાં પેટ્રોલની જગ્યાએ આલ્કૉહૉલ વાપરી શકાય છે. અને હાલમાં ઘણા દેશોમાં પેટ્રોલની સાથે અમુક પ્રમાણમાં આલ્કૉહૉલ ભેળવામાં આવે છે. એ ઘણોજ ઉપયોગી દ્રાવક (solvent) છે. કેટલીક દવાઓ પાણીમાં ઓગળતી ન હોય તે આલ્કૉહૉલમાં ઓગળતી હોવાથી દવાના દ્રાવણો (tinctures) બનાવવામાં બહુ જ બહોળો ઉપયોગ

થાય છે. ઘણાખરા રંગો, ગૂંદરો લાખ વગેરે હલકા પ્રકારના આલ્કૉહૉલ (spirit) માં ઓગાળવામાં આવે છે. આલ્કૉહૉલ ટેમ્પરેચર ઘણુ ઓછું કરવાથી પણ ઘન થતો નથી પરંતુ ૭૮° સે. એ ઊકળે છે; એટલે તેનો ઉપયોગ શૂન્ય ડીગ્રીથી ઓછાં ટેમ્પરેચર માપવામાં અને લઘુતમ (minimum) થર્મોમિટર બનાવવામાં થાય છે. કેટલાક ઉદ્ભિજ પદાર્થો બનાવવામાં પણ એ બહુ ઉપયોગી છે.

(૯) આયોડિન (Iodine):–આયોડિન તત્ત્વ ક્લોરીનના જેવું છે અને સાધારણ ટેમ્પરેચરે ઘનરૂપે હોય છે. એને ગરમ કરતાં સબ્લીમેશન (sublimation) થાય છે. આયોડિન પાણીમાં ઓગળતું નથી, પરંતુ આલ્કૉહૉલમાં ઓગળે છે. એ દ્રાવણને ટિન્કચર્ ઓફ્ આયોડિન કહેવામાં આવે છે, અને ઘા પડયો હોય તેના ઉપર લગાડવાથી ઘા જલદી રૂઝે છે અને પાકતો નથી.

આયોડિનનું પોટાસિયમ સાથે સંયોગ થવાથી પોટાસિયમ આયોડાઈડ ક્ષાર (KI) બને છે અને એનો પણ દવામાં ખૂબ ઉપયોગ થાય છે.

(૧૦) ઉદ્ભિજ ઍસિડો (organic acids):—

દરેક ઉદ્ભિજ ઍસિડો કાર્બન હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનના વત્તાઓછા પ્રમાણમાં સંયોજનથી ઉત્પન્ન થાય છે.

(અ) ઍસિટિક ઍસિડ (acetic acid):–લીલાં લાકડાંને લોખંડના બંધ વાસણ (retort)માં ગરમ કરી ડિસ્ટિલ (distil) કરવાથી જે પ્રવાહી મળે છે તેમાં ઍસિટિક ઍસિડ મૂખ્યત્વે ભળેલો હોય છે. પ્રયોગશાળામાં સોડિયમ ઍસિટેડ નામના ગરમ કરેલાં ભેજવિમુક્ત ક્ષારને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ સાથે તપાવવાથી મળી આવે છે.

ઍસિટિક ઍસિડ ઘણો મંદ ઍસિડ છે, પરંતુ ઍસિડના દરેક ગુણ ધરાવે છે અને બેઇઝસાથે સંયોજન થતાં ઍસિટેટ્સ (acetates) ઉત્પન્ન કરે છે.

(ब) ટાર્ટારિક ઍસિડ (tartaric acid):—દારૂને ઘણો લાંબો વખત રાખી મૂકવાથી આર્ગોલ (argol) નામનો એક પદાર્થ ઠરી જાય છે, તેમાંથી આ ઍસિડ પેદા કરવામાં આવે છે. એ સ્ફટિકરૂપી ઘન પદાર્થ છે અને પાણીમાં દ્રાવ્ય છે, અને દ્રાવણ ઍસિડના પ્રત્યેક ગુણ ધરાવે છે. સોડિયમ બાઇકાર્બોનેટ સાથે ભેળવાથી રાંધવાનો પાઉડર (baking powder) અને એ ઊભરા આવતાં (effervescent) પીણું (જે ફ્રૂટ સૉલ્ટ સિડ્લીટ્ઝ પાઉડર નામે ઓળખાય છે) તૈયાર કરવામાં એનો ઉપયોગ થાય છે.

(क) સાઇટ્રિક ઍસિડ (citric acid):–સાઇટ્રોન, નારંગી અને લીંબુમાં આ ઍસિડ સાઇટ્રન જેવા ક્ષાર રૂપે રહેલો હોય છે. એ પણ ટાર્ટારિક ઍસિડના જેવો સ્ફટિક ઘન (crystalline solid) છે. એનો ઉપયોગ લેમનડ્રીંક અથવા લેમોનેડ પાવડર બનાવવામાં થાય છે.

પ્રશ્નો

પદાર્થવિજ્ઞાન

પ્રકરણ ૧ અને ૨

૧. નિયત આકારની વસ્તુના કદ માપવાની રીત ગણાવો. ૨. વિરૂપાકાર વસ્તુનું કદ કેમ માપશો. ૩. ગોળ વસ્તુનો પરિઘ કેમ શોધશો. ૪. લોલકના આંદોલન-સમયના નિયમો દર્શાવો. ઉનાળામાં ઘડિયાળ ઝડપથી ચાલે કે ધીમે? ૫ વજન (mass) અને ભાર (weight) વચ્ચેનો તફાવત સમજાવો. ૬ વિષુવવૃત્ત ઉપરના એક વસ્તુના ભાર કરતાં ધ્રુવ ઉપરનો ભાર વધુ હોય છે એનું કારણ શું? એ ભારનો વધઘટ થાય તે સ્પ્રીંગતુલા (spring balance) વડેજ નોંધી શકાય છે, સાદાં ત્રાજવાં વડે નહિ. કારણ આપી સમજાવો.

પ્રકરણ ૩

૧. વિશિષ્ટ ઘનતા એટલે શું? ઘનતા અને વિશિષ્ટ ઘનતા વચ્ચેનો તફાવત સમજાવો. ૨ વિરૂપાકાર (irregular) વસ્તુની ઘનતા અને વિશિષ્ટ ઘનતા કેમ નક્કી કરી શકાય? પ્રવાહીની ઘનતા કેમ કાઢવામાં આવે છે?

પ્રકરણ ૪

૧. પાણીની અંદર એક બૂચનો ટુકડો અને પથ્થર છોડી દેવામાં આવે તો શું થશે એ દલીલ સહીત સમજાવો. તરતી વસ્તુના નિયમ દર્શાવો. ૨. ડબેલી વસ્તુ ઉપર કેટલું શિરદાબ (upthrust) લાગે છે? પ્રવાહીનું દબાણ કયી દિશામાં અને કેટલું થાય છે? ૩. દબાણ અને જોરની વ્યાખ્યા આપો. દબાણ કેમ માપશો? ૪. આર્કિમિડિસ વિષે શું જાણો છો? આર્કિમિડિસના નિયમની વ્યાખ્યા લખો. એ નિયમ વડે વસ્તુનું કદ કેમ શોધાય છે.? ૫. પ્રવાહીની ઘનતા નકકી કરવામાં આર્કિમિડિસનો નિયમ કેમ વાપરશો? ૬. એક

હોડી નદીમાંથી સમુદ્રમાં દાખલ થાય છે. એ ઉપર આવશે કે ઊંડે જશે? ૭ માખણ વધુ ઘટ્ટ કે છાશ? દૂધમાંથી મલાઇ કાઢી લેવાથી દૂધની ઘનતા વધશે કે ઘટશે? ૮ લોખંડ જેવી ભારે વસ્તુની બનેલી સ્ટીમર પાણી ઉપર તરે છે અને સબમરીન પાણીમાં સમતોલ રહે છે એનું કારણ શું? ૯ દ્રવતુલાની રચના અને ઉપયોગ સમજાવો. એના ઉપર નોંધેલા આંકડામાં મોટા આંકડા ઉંચે આવશે કે નીચે? ૧૦ પાસ્કલનો નિયમ લખો. એને પૂરવાર કરતો સાદો પ્રયોગ બતાવો. ૧૧ કાચની બંધ શીશીમાં બૂચ ઉપર સ્હેજ દબાણ કરતાં શીશી ફુટી જાય છે. કારણ શું? ૧૨ જળદાબ યંત્ર (hydraulic press) ની રચના સમજાવો. ૧૩ ફુવારો ઊંચે કેમ ઊડે છે. શહેરમાં પાણી કેવી રીતે વહેંચવામાં આવે છે. ૧૪. યુ-નળી અને હેરના ઉપકરણ વડે પ્રવાહીની વિશિષ્ટ ઘનતા કેમ માપી શકાય છે?

પ્રકરણ ૫, ૬, અને ૭

૧ હવાનું દબાણ બતાવતાં એક બે પ્રયોગ બતાવો. ૨ ગૅલિલિયો અને ટૉરિસિલિ વિષે શું જાણો છો. હવાના દબાણની પ્રથમ ખાતરી કેવી રીતે થઇ. ૩ વાયુભારમાપક કેમ તૈયાર કરશો? જુદીજુદી જાતના વાયુભારમાપકનું ટૂંકમાં વર્ણન લખો. એ સર્વમાં પારો જ કેમ વપરાય છે? ૪ વાયુભારમાપકના ઉપયોગ દર્શાવો. ૫ ઍનેરોઇડ વાયુભાર-માપકની રચના સમજાવો અને પારાના વાયુભારમાપક સાથે એની સરખામણી કરો. ૬ હવામાન વિષે ટૂંકમાં એક નિબંધ લખો. ૭ એવરેસ્ટના શિખર ઉપર ચઢવાના પ્રયાસો વિષે એક નિબંધ લખો. ૮ પીચકારી, શાહીપૂરક, સાદા કેરોસિન પંપ, કેરોસિન સ્ટવ અને દાબ પંપની રચના સમજાવો. ૯ વાલ્વ, અને પિસ્ટનના કાર્યની સમજુતી આપો. ચામડાના વોશરનું કાર્ય સમજાવો. ૧૦ ફૉન ગ્રીરીક વિષે નોંધ લખો અને વાતાકર્ષક પંપની રચના સમજાવો. ૧૧ વાસુદેવ પ્યાલા, વેક્યુમ-બ્રેક, વેક્યુમ-ક્લીનર, વેક્યુમ પોસ્ટ, બલુન, હવાઇ જહાજ, કાર્ટિઝિયન ડાઇવર અને મરજીવા પોષાક વિષે ટુંક-

નોંધ લખો. ૧૨ શૂન્યાવકાશ અને સંકોચાયેલી હવાના ઉપયોગ લખો. ૧૩ ઘન, પ્રવાહી અને વાયુ ઉપર દબાણની અસર કેવી થાય છે. ૧૪ બોઇલનો નિયમ લખો. એના પ્રયોગનું ટૂંકમાં વર્ણન આપો. ૧૫ રાઇટ્સ ભાઇઓ અને વિમાન વિષે ટૂંક નોંધ લખો. ૧૬. પતંગ ઊડે ત્યારે કયું બળ પતંગને ઊડતો રાખે છે.

પ્રકરણ ૮

૧ સ્થિતિસ્થાપક વસ્તુ કોને કહે છે? દરેક વસ્તુ સ્થિતિસ્થાપક છે કે? ૨ હૂકનો નિયમ શું પુરવાર કરે છે? સ્પ્રિંગનો ત્રાંજવા તરીકે કેમ ઉપયોગ કરશો? ૪ બફર્સની રચના અને કાર્ય સમજાવો. ૫ એક પટીને બન્ને છેડે જડી વચ્ચેથી વજન લગાડયું હોય તો વધુ ભાર કયા સ્થિતિમાં ઝીલાશે? ૬ ઘરના ભારટની પહોળાઇ વધુ જોઇએ કે ઉંચાઇ? કારણ શું? ૭ પટીને વાળવાના પ્રયોગો શું બતાવે છે?

પ્રકરણ ૯

૧ વેગ (velocity) અને ઝડપ (speed) નો ફેર સમજાવો. ૨ વેગ અને અંતરનો સંબંધ બતાવો. સરેરાસ વેગ કેમ શોધવો? ૩ પ્રવેગ આપ્યો હોય તો અમુક વખત પછી કેટલો વેગ થશે? ૪ પતન થતા પદાર્થના નિયમનું ટૂંકમાં વર્ણન કરો. એ પત્થરને ૧૬૦૦ ફૂટ ઊંચાઇથી નીચે ફેંકયો તો એ જમીન ઉપર કયારે પહોંચશે? ૫ ગૅલિલિયોના પીસાના ટાવરના પ્રયોગે શું સાબિત કર્યું? ૬ સ્થિર પદાર્થ પડવા લાગે તો એક સેકન્ડમાં કેટલું અંતર કાપશે? ૭ સમાસ-વેગ (resultant velocity) કાઢવાનો નિયમ આપો. ૮ પ્રવેગ (acceleration) અને પ્રતિવેગ (retardation) કોને કહે છે? દરેકના દૃષ્ટાંત આપો. ૯ એક પત્થરને ૨૫૬ ફૂ/સેક. ના વેગથી ઊંચે ફેંકવામાં આવે તો એને વેગ શૂન્ય કયારે થશે? પત્થર કેટલી ઉંચાઇએ પહોંચશે? ૧૦ એરોપ્લેનમાંથી એક વસ્તુ અમુક જગ્યાએ નીચે ફેંકવી હોય તો તે જગ્યાની ઉપર એરોપ્લેન આવે તે પહેલાં એ વસ્તુને નાંખવામાં આવે છે. કારણ શું?

પ્રકરણ ૧૦

૧ બળની વ્યાખ્યા આપો? વસ્તુની ગતિમાં અથવા દિશામાં ક્યારે ફેરફાર થાય છે? બળ અને વજનનો સંબંધ દર્શાવો. ૨ વજનવેગ (momentum) અને સંસ્કારબળની (impressed force) વચ્ચે શું સંબંધ છે. ૩ ન્યુટનના નિયમો લખો. નિષ્ક્રિયત્વના દાખલા આપો. ૪ બળ, વજન અને પ્રવેગનો સંબંધ દર્શાવો. ૫ ૨૫ ગ્રામ વજનનું બળ કેટલું થાય? ૯૬૦ પાઉન્ડલ બળ માટે કેટલું વજન જોઇશે? ડાઇન અને પાઉન્ડલની વ્યાખ્યા આપો. ૬ ઘાત અને અને પ્રત્યાઘાત (action and reaction) ના દાખલા આપો. ૭ ગુરૂત્વરેખા કોને કહે છે? ગુરૂત્વરેખા અને સમતોલપણાનો શો સંબંધ છે. ૮ કાર્યની વ્યાખ્યા લખો. ૫ ગ્રામ વજનને ૧૦ મીટર ઊંચે ચઢાવતાં કેટલું કાર્ય થશે. ૯ એક વસ્તુને અનેક બળ લાગતાં હોય તો સમાસબળ કેમ શોધશો? ૧૦ ત્રણ જુદી દિશામાં લાગતાં બળ સમતોલ ક્યારે થશે? સમતોલબળ (equilibrant) કોને કહે છે? ૧૧ કાર્યત્વરા (power) એટલે શું? કાર્યત્વરાનો એકમ (unit) શું? ૧૨ કાર્યશક્તિ કેટલા પ્રકારની હોય છે. ઉદાહરણ આપો. ૧૩ પર્વતના ધાટના પાણીની કાર્યશક્તિના રૂપાંતર ટૂંકમાં વર્ણવો. ૧૪ શક્તિસંચયનો નિયમ શું સૂચવે છે? ૧૫ ઘર્ષણ કેમ અને ક્યારે લાગુ પડે છે? ઘર્ષણાંક (co-efficient of friction) કોને છે? ૧૬ લોલ ઘર્ષણ (rolling friction) ના ફાયદા શું શું છે? અને તે કેમ ઉપયોગમાં લેવાય છે?

પ્રકરણ ૧૧

૧ યંત્રની વ્યાખ્યા આપો. ૨ બળની અસરનો આધાર શેના ઉપર રહે છે? દૃષ્ટાંત આપી સમજાવો. ૩ પરિબળનો નિયમ સમજાવો. ૪ યાંત્રિક ફાયદો અને કાર્યસાધકતા એટલે શું? ૫ ઉચ્ચાલન કોને કહે છે; અને તે કેટલા પ્રકારના છે. ૬ દરેક પ્રકારના ઉચ્ચાલન અને તેના વડે પ્રાપ્ત થતો યાંત્રિક ફાયદો દર્શાવો. ૭ સુડી, ધમણ, ત્રાજવું

અને હાથ એ પ્રત્યેક કયા પ્રકારના ઉચ્ચાલન છે તે દલીલ આપી સમજાવેા. ૮ ગરગડીના દરેક પ્રકાર અને તેના યાંત્રિક ફાયદા કેવી રીતે જાણવેા તે સમજાવેા. ૧૦ ભુકપ્રેસનું ભુકાર્ય સમજાવેા. ૧૧ દાંતા ને ચક્રનેા ઉપયેાગ સમજાવેા. ૧૨ રેખિક ગતિએ વર્તુલગતિમાં કેવી રીતે ફેરવવી તે દૃષ્ટાંત આપી સમજાવેા.

પ્રકરણ ૧૨

૧ ગુરૂત્વાકર્ષણ એટલે શું ? ૨ પૃથ્વીની સપાટી ઉપર બે વસ્તુ સમાન્તર સીધી લીટીમાં પડે છે ? ૩ ધ્રુવ આગળ વસ્તુનેા ભાર વિષુવવૃત્ત કરતાં વિશેષ શાથી હેાય છે. ૪ ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ એટલે શું ? ગુરૂત્વ-મધ્યબિંદુ કેમ શેાધશેા. ૫ સમતેાલપણા કેટલા પ્રકારના હેાય છે. દરેકના દાખલા આપેા. ૬ મુક્તિકળની રચના સમજાવેા.

પ્રકરણ ૧૩

૧ પાતળા કરતાં જાડા કાચના જામમાં ગરમ પાણી નાંખવાથી તૂટી જવાનેા સંભવ વધારે છે. કારણ શું ? ૨ સમુદ્રના તળિયાંનું પાણી હંમેશાં ૪° સે.નું જ કેમ હેાય છે ? ૩ કાચની શીશીમાં ચુસ્ત થઇ ગયેલેા બૂચ ઘણીવાર શીશીના મુખમાં ઉષ્ણ પાણી રેડવાથી આપેાઆપ કેમ નીકળી આવે છે ? ૪ જુદી જુદી ધાતુનું પ્રસરણ જુદું હેાવાની ઘટનાનેા ઉપયેાગ થયા હેાય એવા બે દાખલા આપેા. ૫ કાચની બરણી (flask) માં પાણી ગરમ કરતાં પ્રથમ પાણી સહેજ નીચે ઊતરે છે અને પછી પાછું ઉપર ચઢે છે એનું શું કારણ ? ૬ ઉષ્ણતા એટલે શું ? ઉષ્ણતા કેટલા પ્રકારે ઉત્પન્ન થાય છે ?

પ્રકરણ ૧૪

૧ ઉષ્ણતા અને ટેમ્પરેચર (ઉષ્ણમાન) વચ્ચે શું ભેદ છે ? ૨ ટેમ્પરેચરના કેટલાં માપ હેાય છે ? એ સર્વ વચ્ચે કેવેા સંબંધ છે ? શરીરનું ટેમ્પરેચર ૯૮.૬° છે એમ કહેવામાં આવે તેા એ ફેરનહાઇટ કે સેન્ટિગ્રેડનું માપ છે ? ત્રણે પ્રકારે એનું માપ બતાવેા. ૩ ડેાકટરના

થર્મૉમિટરમાં ખાસ વિશિષ્ટપણું શું છે? ૪ ડૉકટરના થર્મૉમિટરને ઊકળતા પાણીથી કેમ ન ધોવું જોઇએ? ૫ થર્મૉમિટર કેમ તૈયાર કરી શકાય? એમાં પારો જ શાથી વપરાય છે. ૬ થર્મૉમિટર ઉપર નિયત બિંદુઓ કેવી રીતે નોંધવામાં આવે છે. ૭ લઘુતમ અને મહત્તમ થર્મૉમિટરનું ટુંક વર્ણન આપો. થર્મૉગ્રાફ (thermograph) ની રચના સમજાવો.

પ્રકરણ ૧૫

૧ ઉષ્ણતાના એકમની અને વિશિષ્ટ ઉષ્ણતાની વ્યાખ્યા આપો. ૨ એક વસ્તુની વિશિષ્ટ ઉષ્ણતા શોધવાનો સાદો પ્રયોગ વર્ણવો. ૪ ૫૦ ગ્રામ પાણીને ૩૦° થી ૭૦° સે. સુધી ગરમ કરવા કેટલી ઉષ્ણતા જોઇશે? ૫ ગુપ્ત ઉષ્ણતા (latent heat વિષે શું જાણો છો? ઊકળતા પાણીથી અને વરાળથી દાઝીએ તો એમાં વધુ હાનીકારક કયું ૬ બાષ્પીભવન અને ઉષ્ણતાનો ફેર સમજાવો. હાથ ઉપર સ્પીરીટ રેડીએ તો હાથ ઠંડો પડે છે; કારણ શું? ૮ ઝાકળ કયારે બંધાય છે? ઝાકળબિંદુ એટલે શું? ૯ બરાબર ચડતી ન હોય એવી વસ્તુમાં સંચોરો કેમ નાંખવામાં આવે છે? ૧૦ પેપીનનું વાસણ શા ઉપયોગમાં આવે છે? કારણ આપી સમજાવો. ૧૧ ગલનબિંદુ અને ઉત્કલનબિંદુ ઉપર દબાણની અને દ્રાવણની શું અસર થાય છે. ૧૨ આઇસક્રીમ બનાવવામાં બરફમાં મીઠું કેમ નાંખવામાં આવે છે? ૧૩ હવાનું દ્રવિભવન કેવી રીતે થાય છે?

પ્રકરણ ૧૬

૧ ઉષ્ણુતાવહન, નયન અને ગમન વચ્ચેનો ભેદ દાખલા આપી સમજાવો. ૨ ઉષ્ણતાનયનનો ઉપયોગ કેમ થાય છે તે એક સાદો પ્રયોગ આપી દર્શાવો. ૩ સમુદ્ર લહરી ઉત્પન્ન થવાના કારણ આપો. ૪ થર્મોસ શીશીની રચના અને કાર્ય સમજાવો.

પ્રકરણ ૧૭

૧ વરાળયંત્રના ઇતિહાસ વિષે ટૂંક નોંધ લખો. ૨ સાદા વરાળયંત્રની રચના સમજાવો. ૩ આગગાડીના વરાળયંત્રની રચના આકૃતિ

પાડી સમજાવો. ૪ પેટ્રોલ એન્જીન અને વરાળ એન્જીન વચ્ચે શું ભેદ છે? ૫ પેટ્રોલ એન્જીન અને ફ્લાયવ્હીલનો ઉપયોગ સમજાવો.

પ્રકરણ ૧૮

૧ શકિત સંરક્ષણના નિયમ વિષે ટૂંક નોંધ લખો. ૨ કાર્ય અને ઉષ્ણતા વચ્ચે કેવો સંબંધ છે? ૩ ધટના પાણીની શકિતના કેમ રૂપાંતર થાય એ સમજાવો. ૪ જૂલ, વેટ અને રમ્ફોર્ડ વિષે શું જાણો છો?

પ્રકરણ ૧૯

૧ પ્રકાશના પરાવર્તનના કાયદા કેમ પૂરવાર કરશો. ૨ સપાટ આરસીમાં પ્રતિબિંબ કયાં, કેવું અને કેવડું પડે છે તે આકૃતિ પાડી બતાવો. ૩ અંતર્ગોળ આરસાનો ઉપયોગ શો? તડકામાં મૂકેલાં એક મોટા અંતર્ગોળ આરસા વડે અગ્નિ કેમ પેદા કરી શકાય? ૪ અંતર્ગોળ આરસાનું કેન્દ્ર કયાં આવે છે અને કેમ શોધાય છે? ૫ આરસાનું વર્તુલમધ્ય અને કેન્દ્ર વચ્ચેનો સંબંધ દર્શાવો. ૬ એક વસ્તુને અંતર્ગોળ આરસાના વર્તુલમધ્યમાંથી સ્હેજ દૂર મૂકીએ તો એનું પ્રતિબિંબ કયાં, કેવું અને કેવડું પડશે.? ૭ અંતર્ગોળ આરસામાં ઘણે નજીકથી જોઇએ તો કેવા પ્રકારનું પ્રતિબિંબ પડશે. ૮ આભાસિત (virtual) અને સાચાં (real) પ્રતિબિંબનો ફેર શો? ૯ વસ્તુના અને પ્રતિબિંબના અંતર અને કેન્દ્રલંબાઇ (focal length) સાથે શું સંબંધ છે? સંજ્ઞા (sign) ને માટે શું નિયમ છે? ૧૦ બહિર્ગોળ આરસા વડે વસ્તુનું પ્રતિબિંબ આકૃતિ વડે બતાવો. એનાથી વિપૂલ થયેલું (enlarged) અને ઉલટું પ્રતિબિંબ દેખાશે કે? ૧૧ અંતર્ગોળ આરસા વડે (૧) નાનું અને સાચું, (૨) મોટું અને સાચું, અને (૩) આભાસિત પ્રતિબિંબ કયારે દેખાય છે? ૧૨ એક બહિર્ગોળ આરસાની કેન્દ્ર લંબાઇ ૨૫ સેમિ. છે અને પ્રતિબિંબ ૧૦ સેમિ. અંતરે છે તો વસ્તુ કયાં મૂકેલી હશે? પ્રતિબિંબ કેવા પ્રકારનું હશે? ૧૩ અંતર્ગોળ આરસાની કેન્દ્ર લંબાઇ ૩૦ સેમિ. છે અને

વસ્તુને ૨૦ સેમિ. દૂર મૂકીએ તો પ્રતિબિંબ, ક્યાં, કેવું અને કેવડું હશે ? ૧૪ અંતર્ગોળ આરસા વડે એક મીણબત્તિનું પ્રતિબિંબ કાગળ ઉપર લેતાં એકજ કદનું જણાય છે તો પ્રતિબિંબ અને વસ્તુનું અંતર કેટલું ?

પ્રકરણ ૨૦

૧ વક્રિભવન (refraction) ક્યારે થાય છે ? વક્રિભવનના શું નિયમો છે ? એક ઘટ્ટ માધ્યમમાંથી નીકળતું કિરણ કઇ તરફ વળશે એ આકૃતિ વડે સમજાવો. ૨ વક્રિભવનાંક (refractive index) શોધવાનો એક સાદો પ્રયોગ વર્ણવો, અને વક્રિભવનાંક શું તે બરાબર સમજાવો. ૩ ઘટ્ટ માધ્યમ (medium)માં પ્રકાશનો વેગ આપ્યો હોય તો બીજા માધ્યમમાં એ વેગ કેમ શોધશો ? પાણીનો વક્રિભવનાંક ૧.૩ છે અને પ્રકાશનો હવામાં વેગ સેકન્ડની ૧૮૬૦૦૦ માઇલ છે તો પાણીમાં પ્રકાશનો કેટલો વેગ હશે ? ૪ પાણીમાં સહેજ ત્રાંસી (slanting) લાકડી મૂકીએ તો તે વાંકી કેમ દેખાય છે ? પાણીમાં માછલી તરતી દેખાય એના કરતાં એ વધુ ઊંડાઇએ હોય છે એ આકૃતિ પાડી સમજાવો. ૫ બહિર્ગોળ કાચને વિપૂલદર્શક (magnifying) કાચ તરીકે કેવી રીતે વપરાય છે ? ૬ અંતર્ગોળ કાચમાં કેવું પ્રતિબિંબ પડે છે તે આકૃતિ પાડી બતાવો. ૭ અંતર્ગોળ અને બહિર્ગોળ કાચને પારખવાની રીતો બતાવો. ૮ એક વિપૂલદર્શક કાચની કેન્દ્રલંબાઇ ૧૦ સેમી. છે તો એક વસ્તુને ૫ સેમી. દૂર મૂકી જોતાં એનું પ્રતિબંબ ક્યાં દેખાશે? પ્રતિબિંબ કેટલું મોટું દેખાશે ? ૯ એક જાડી કાચની તકતી ઉપર પ્રકાશનું એક કિરણ ત્રાંસુ પડયું તો એ કિરણના માર્ગ આકૃતિ વડે દર્શાવો. ૧૦ પ્રકાશનું પૃથકકરણ કેમ થાય છે એ આકૃતિ વડે દર્શાવો અને એનું કારણ આપો. ૧૧ રંગપટ શું છે એ સમજાવો. રંગપટ કેમ મેળવી શકાય? ૧૨ ત્રિપાર્શ્વકાચમાંથી પ્રકાશનો માર્ગ દર્શાવો. ૧૩ મેઘધનુષ્ય મધ્યાહ્નને કેમ દેખાતું નથી ? સૂર્યના કિરણનો માર્ગ બતાવી મેઘધનુષનો ખ્યાલ આપો. ૧૪ ઘનદર્શક (stereoscope)ની રચના સમજાવો.

પ્રકરણ ૨૧

૧ કાચ વિનાનાં અને બહિર્ગોળ કાચના કેમેરાની સરખામણી કરો. ૨ બહિર્ગોળ કાચ વાપરવાથી થતો ફાયદો સમજાવો. ૨ એક દૂરની વસ્તુનો ફોટો લેવા માટે પ્લેટને લેન્સથી ૩૦ સેમિ. દૂર રાખવી પડે છે તો એ કાચની કેન્દ્રલંબાઇ કેટલી? ૩ જાદુઇ ફાનસની આકૃતિ પાડી રચના સમજાવો. ૫ એમાં ચિત્રવાળી તકતીને ઊંધી મૂકવામાં આવે છે એનું કારણ આકૃતિ આપી સમજાવો. ૪ જાદુઇ ફાનસ અને ફોટોગ્રાફિક કેમેરાનો ફેર સમજાવો. ૫ પેરીસ્કોપ અને હસ્ત દૂરબીનની રચના સમજાવો ૬ આંખના મુખ્ય ભાગો આકૃતિ આપી દર્શાવો અને દરેક ભાગના કાર્યનો ટૂંકમાં સાર લખો. ૯ આંખને કેમેરા સાથે સરખાવો. ૭ ગુરૂદૃષ્ટિ અને લઘુદૃષ્ટિ કોને કહે છે? એ બન્ને નબળાઇ કેવા કાચ વડે દૂર થાય છે તે સમજાવો. ૮ બહિર્ગોળ કાચને સાદો સૂક્ષ્મદર્શક કેમ કહેવામાં આવે છે? ૯ સંયુક્ત સૂક્ષ્મદર્શક (compound microscope) ની રચના આકૃતિ વડે સમજાવો. વસ્તુનું પ્રતિબિંબ આકૃતિ પાડી દર્શાવો. ૧૦ દૂરબીન અને સૂક્ષ્મદર્શનના વસ્તુકાચ (object glass) અને નેત્રકાચ (eye-piece) માં શું તફાવત હોય છે. ૧૧ હસ્ત દૂરબીન, આકાશી દૂરબીન અને ભૂમી દૂરબીન વચ્ચે શું ફેર છે? બન્ને દુરબીનમાં પ્રતિબિંબ કેમ પડે છે તે આકૃતિ વડે દર્શાવો.

પ્રકરણ ૨૨

૧ લોહચુંબકનો ઉપયોગ શું? હોકાયંત્ર વિષે શું જાણો છો? લોહચુંબક કેટલી જાતના હોય છે? લોહચુંબકના ઉપયોગ ગણાવો. ૨ લોહચુંબકના ધ્રુવ કોને કહે છે? બે ધ્રુવને છૂટા પાડી શકાય કે? ૩ લોહચુંબકના આકર્ષણના નિયમો લખો. લોહચુંબક અને સાદા લોખંડનો ટૂકડો આપ્યો હોય તો એને કેમ પારખશો? અપાકર્ષણ વડે જ એક વસ્તુ લોહચુંબક છે એમ નક્કી થાય છે, કારણ આપો. ૪ ચુંબકત્વ કેવી રીતે ઉત્પાદન કરી શકાય છે અને નાશ કરી શકાય છે? ૫ ચુંબકિય પ્રોત્સાહન વિષે શું જાણો છો? ૬ ઊત્તર દિશામાં પૃથ્વીના ચુંબકત્વનો

'દક્ષિણ ધ્રુવ' આવેલો છે એનું કારણ શું ? ૭ ચુંબકરેષા એટલે શું ? ચુંબકરેષા ક્યાંથી નીકળે અને કયી તરફ જાય છે ? પૃથ્વીની ચુંબકરેષા કયી દિશા તરફ જાય છે ? ૮ ચુંબકરેષા દર્શાવતા પ્રયોગ બતાવો. બે સજાતીય ધ્રુવ નજીક રાખ્યા હોય તો બન્ને વચ્ચે ચુંબકરેષા કેવી હશે એ બતાવો.

પ્રકરણ ૨૩

૧ ઘર્ષણથી કેટલા પ્રકારની વિદ્યુત ઉત્પન્ન થાય છે ? વિદ્યતભારના આકર્ષણ નિયમ આપો. ૨ વિદ્યુત–દર્શક યંત્રની રચના સમજાવો. ૩ વિદ્યુતવાહકની સપાટી ઉપર વિદ્યુત કેમ અને કેટલા પ્રમાણ પ્રસરે એ જણાવો. ૪ વિદ્યત વિભાર ક્યારે થાય છે. દૃષ્ટાંત આપો. ૫ એક વિદ્યુતયંત્રનું ટૂંકમાં વર્ણન કરો. ૬ વિદ્યુત ઉપપાદીત કેમ થાય તે સમજાવો. ૭ વીજળી–વાહક સળિયો મકાનને કેવી રીતે રક્ષણ આપે છે ? ૮ વિદ્યુત–સંચારમાં વધુ વિદ્યુત કેમ રહી શકે છે ?

પ્રકરણ ૨૪

૧ વિદ્યુતચાલકબળ એટલે શું ? વિદ્યુતપ્રવાહ, વિદ્યુતચાલકબળ અને પ્રતિરોધનો સંબંધ બતાવો. ૨ ઓહ્મના કાયદા લખો. પ્રતિરોધનો આધાર શેના ઉપર હોય છે. ૩ નીચેના કોષની ટુંક નોંધ લખો:–સાદો વિદ્યુત કોષ, ડેનીઅલ કોષ, લેકલાન્શે કોષ, બુન્શેન કોષ, નિર્દ્રવ કોષ અને સંગ્રાહક કોષ. ૪ વિદ્યુતપ્રવાહની મુખ્ય અસરો દાખલા આપી સમજાવો. ૫ વિદ્યુતપ્રવાહદર્શકની (galvanoscope) રચના સમજાવો. ૬ વિદ્યુતજ્યોત વિજળીના દીવા ઍમીટર અને વોલ્ટમીટરની રચના ૭ વિદ્યુત પૃથક્કરણ અને તેના નિયમ વિષે ટુંક નોંધ લખો. વિદ્યુત ઢોળ કેમ ચઢાવવો.

પ્રકરણ ૨૫

૧ વિદ્યુત ઉત્પાદન કરવાના સાદા પ્રયોગ દર્શાવો. ૨ વિદ્યુતચુંબક કેવી રીતે તૈયાર કરી શકાય ? ૩ ડાઇનેમોની રચના અને કાર્ય સમજાવો.

ટ્રાન્સફોર્મરનો ઉપયોગ સમજાવો. ૪ વિદ્યુત ઘંટડી અને ટેલીગ્રાફનું કાર્ય સમજાવો. ૫ વિદ્યુતચુંબક માટે ભરતર લોખંડજ વપરાય છે અને પોલાદ નથી વપરાતું. કારણ શું? ૬ ટેલીફોનની રચના સાદી આકૃતિ વડે સમજાવો.

પ્રકરણ ૨૬

ધ્વનિ કેમ ઉત્પન્ન થાય છે અને કેવી રીતે પ્રસરે છે. ૨ ધ્વનિનો પ્રકાર તરંગો ઉપર કેમ આધાર રાખે છે એ સમજાવો. ૩ ગુણક પ્રતિધ્વનિ (multiple echoes) અને વ્હિસ્પરીંગ ગેલેરી વિષે ટૂંક નોંધ લખો. ૪ ગ્રામોફોનની સાઉન્ડબોક્ષની રચના ટુંકમાં સમજાવો. ૫ વાદળામાં વિજળીનો પ્રકાશ દેખાયા પછી મોટેથી અવાજ સંભળાય છે. કારણ શું? ૬ કાનની રચના આકૃતિ પાડી દર્શાવો.

રસાયણ

પ્રકરણ ૧

૧ નીતારણ (decantation), ગાળણ (filtration), સ્ફટિકીભવન (crystallisation), બાષ્પીભવન (evaporation) અને નિસ્યંદન (distillation) ક્યારે અને કેવા સંજોગોમાં કરવું પડે તે દાખલા આપી સમજાવો. ૨ બજારૂ મીઠાંમાંથી ચોખ્ખું મીઠું કેમ તૈયાર કરશો? ૩ મધદરિયે મીઠું પાણી ખૂટી પડયું તો દરિયાના પાણીમાંથી મીઠું પાણી કેમ મેળવશો? ૪ નીચેના મિશ્રણની પ્રત્યેક વસ્તુને છૂટી કેમ પાડશો: (अ) મીઠું અને ચાક, (ब) ફટકડી અને મોરથુથુ, (क) બજારૂ મીઠાંમાંથી મીઠું અને મૅગ્નેશિયમ ક્લોરાઇડ્ અને (उ) ખાંડ અને રેતી, (**નોંધ:**—મગ્નેસિયમ ક્લોરાઇડ ગરમ પાણીને ઠંડુ પાડતાં પહેલું સ્ફટિકીભૂત થાય છે.)

પ્રકરણ ૨

૧ તત્ત્વ, સંયોજન અને મિશ્રણ વચ્ચેનો ભેદ સમજાવો અને દરેકના દ્રષ્ટાંત આપો. ૨ અણુ અને પરમાણુનો ભેદ સમજાવો. ૩ લોખંડ અને ગંધક મેળવવાથી મિશ્રણ અને સંયોજન ક્યારે બને છે?

પ્રકરણ ૩

૧ રસાયણિક સંજ્ઞાનો કાયદો શું? ૨ દ્રવ્ય સંચયનો સિદ્ધાન્ત સમજાવો. ૩ વાયુના સંયોજનનો નિયમ શું અને એ નિયમ કોણે શોધ્યો? ૪ નિયત પ્રમાણના, ગુણક પ્રમાણના અને વ્યુત્ક્રમ પ્રમાણના કાયદાની ટુંકમાં સમજુતી આપો.

પ્રકરણ ૪

૧ દહનક્રિયા એટલે શું? દહનક્રિયાના એક બે સાદાં દષ્ટાંત આપો. ૨ જ્વલન માટે હવામાંનો કયો વાયુ ઉપયોગી છે? એ વાયુ ન હોય તો જ્વલનક્રિયા ચાલતી નથી એ પ્રયોગ વડે દર્શાવો.

૩ વસ્તુને બાળવાથી વજનમાં વધારો થાય છે એ પ્રયોગ વડે સમજાવો. ૪ જ્વલનમાં હવાનો કેટલામો ભાગ બાળવામાં ઉપયોગમાં આવે છે. ૫ ઝડપી અને ધીમા જ્વલનનો ફેર દૃષ્ટાંત આપી સમજાવો. ૬ કટાવાની ઘટના અને જ્વલન (ઑક્સિડેશન) એકજ જાતનો પ્રકાર છે એ દર્શાવતો પ્રયોગ બતાવો. ૭ બુન્શેન બર્નરની રચના અને બર્નરની જ્યોતની સમજુતી આપો. ૮ મીણબત્તિ બળે ત્યારે શું પરિણામ આવે છે? મીણબત્તિની જ્યોતના પ્રત્યેક ભાગના પ્રકાશિતપણા અને પ્રકાર વિષે નોંધ લખો. ૯ મીણબત્તિના જ્વલન અને શ્વાસોચ્છ્વાસની ક્રિયાઓ સરખાવો.

પ્રકરણ ૫

૧ હવાના મુખ્ય અંગો કયા? તેમનું પ્રમાણ કેમ નિયત કરશો? ૨ હવા એ મિશ્રણ છે અને સંયોજન નથી એ દલિલ આપી સમજાવો. ૩ શ્વાસોચ્છ્વાસમાં હવાનો ઉપયોગ કેવી રીતે થાય એ સમજાવો. ૪ વનસ્પતિ હવાને ચોકખી કરવાના સાધન રૂપે છે એનું કારણ શું? ૫ જો પૃથ્વી ઉપર વનસ્પતિ ન હોય તો શું પરિણામ આવે? ૬ હવામાં નાઇટ્રોજનનો ઉપયોગ શું? ૭ નિર્મળ ચૂનાના પાણીમાં ફૂંક મારીએ તો શું પરિણામ આવે છે તે કારણ આપી સમજાવો.

પ્રકરણ ૬

૧ ઑક્સિજન તૈયાર કરવાના પ્રયોગ દર્શાવો; એ પ્રયોગમાં મૅન્ગેનીઝ ડાયૉક્સાઇડ શું ભાગ ભજવે છે? ૨ ઑક્સાઇડ કોને કહે છે? ઑક્સિસાઇડને કેટલા પ્રકારમાં વહેંચી નાંખવામાં આવ્યા છે? પાણી એ કેવો અને શેનો ઑક્સાઇડ છે? ૩ ઑક્સિજનના ગુણધર્મો અને ઉપયોગ લખો દર્શાવો. ૪ ગંધક કોલસો, ફૉસ્ફરસ, મૅગ્નેસિયમ વગેરેને ઑક્સિજનથી ભરેલી બરણીમાં બાળવામાં આવે તો કેવી જાતની વસ્તુ ઉત્પન્ન થશે? ૫ નીચેના ઑક્સાઇડની ઍસિડીક, બેઝીક અને શિથિલ પ્રકારમાં વર્ગણી કરોઃ—

કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ, સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડ, ઝીંક ઑક્સાઇડ, મૅગ્નેસિયમ ઑક્સાઇડ, હાઇડ્રોજન ઑક્સાઇડ, ફૉસ્ફરસ પેન્ટૉક્સાઇડ, કૅલ્શિયમ ઑક્સાઇડ, કોપર ઑક્સાઇડ અને (લોખંડનો) આયર્ન ઑક્સાઇડ.

પ્રકરણ ૭

૧ ઍસિડ બેઇઝ અને સોલ્ટ કોને કહે છે તેની સમજુતી આપો. ૨ શિથિલ ક્રિયા (neutralisation) પ્રયોગ વડે સમજાવો. ૩ ક્ષાર (salt) કેમ ઉત્પન્ન કરશો ?

પ્રકરણ ૮

૧ પાણી હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનનું બનેલું છે એ પ્રયોગ વડે પૂરવાર કરો. ૨ પાણીમાં હાઇડ્રોજન અને ઑક્સિજનના કદ અને વજનનું પ્રમાણ કેટલું છે એ કેમ નિયત કરશો. ૩ પાણી કઠિન કેમ બને છે ? કેટલા પ્રકારે કઠિન પાણીને નરમ બનાવી શકાય છે ? અસ્થાયી અને સ્થાયી કઠિનતા કેમ દૂર થાય છે. ૪ હાઇડ્રોજન કેમ ઉત્પન્ન કરશો ? હાઇડ્રોજન ઉત્પન્ન કરવાની રસાયણિક ક્રિયાનું સમીકરણ લખો. હાઇડ્રોજનના ગુણધર્મો વર્ણવો. ૫ પાણીના વિદ્યુત પૃથક્કરણ વિષે ટૂંક નોંધ લખો.

પ્રકરણ ૯

૧ કોલસાનું જુદાં જુદાં સ્વરૂપોના નામ આપો. દરેકના ગુણ-ધર્મોમાં શું ફેર છે ? દરેક કોલસાના સ્વરૂપ છે એની કેમ ખાતરી કરશો. ૨ કાર્બનને બાળીએ તો કયો વાયુ ઉત્પન્ન થાય છે ? બીજી કયી રીતે એ વાયુ પેદા કરી શકાય છે ? એ વાયુનો વનસ્પતિ કેવો ઉપયોગ કરે છે ? ૩ ચૂનાના પાણીમાં કાર્બન ડાયૉક્સાઇડ ભેળવાથી તે પાણી દૂધિયા રંગનું કેમ થાય છે. કાર્બન ડાયૉક્સાઇડના ગુણધર્મો વર્ણવો. ૪ કાર્બન મોનૉક્સાઇડ કયારે ઉત્પન્ન થાય છે ? એ વાયુ કાર્બન ડાયૉક્સાઇડથી કેવી રીતે જુદો પડે છે ? ૫ જલવાયુ (water-gas) કોલ ગૅસ, પેટ્રોલ, કેરોસિન અને પેરેફીન વિષે ટૂંક નોંધ લખો.

૬ કાર્બનના મુખ્ય સંયોજન કયાં છે તે દાખલા આપી ગણાવો. ૭ સોડયમ કાર્બોનેટ અને બાઇકાર્બોનેટના ઉપયોગ દર્શાવો.

પ્રકરણ ૧૦

૧ નાઇટ્રેટ્ (સુરોખાર) અને સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ આપ્યો હોય તો તેમાંથી નાઇટ્રીક ઍસિડ કેમ તૈયાર કરશો તેનું સંપૂર્ણ વર્ણન કરો. ૨ ઍમોનિયા વાયુમાં કયા વાયુ કેટલા પ્રમાણમાં ભાગ લે છે? એ વાયુને પાણીમાંથી પસાર કરીએ તો શું પરિણામ આવે? ઍમોનિયા વાયુના દ્રાવણમાં નાઇટ્રીક અને હાઈડ્રોક્લોરીડ ઍસિડ નાંખીએ તો શું પરિણામ આવે? ૩ ચાર શીશામાં પાણી, સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ, હાઇડ્રોક્લોરિક્ ઍસિડ અને ઍમોનિયા આપ્યાં હોય તો દરેકને કેમ પારખશો? ૫ વનસ્પતિ નાઇટ્રોજન કયી રીતે મેળવે છે? નાઇટ્રોજન ચક્ર ઉપર ટૂંક નોંધ લખો. ૬ નાઇટ્રીક ઍસિડઅને નાઇટ્રેટને ઑક્સિડાઇઝીંગ પદાર્થ કેમ કહેવામાં આવે છે? ૭ નાઇટ્રોજન વાયુને કેમ પેદા કરશો? એના ગુણધર્મો વર્ણવો. ૮ એમોનિયમ ક્લોરાઇડ કેમ પેદા કરશો? એના ઉપયોગ લખો. ૯ નાઇટ્રોજનના ચાર સંયોજનના નામ અને ઉપયોગ આપો.

પ્રકરણ ૧૧

૧ હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ કેમ ઉત્પન્ન કરાય છે? એના મુખ્ય ગુણધર્મો વર્ણવો. ૨ ક્લોરાઇડ્સ અને મીઠું કેવી રીતે તૈયાર કરવામાં આવે છે? ૩ ક્લોરીન વાયુ કેવી રીતે મેળવી શકાય એ જણાવો અને તેના ગુણધર્મ લખો. ૫ બ્લિચીંગ પાઉડર એટલે શું? બ્લિચીંગ પાઉડર કેમ તૈયાર કરવામાં આવે છે? કપડાને બ્લિચીંગ પાઉડરથી કેવી રીતે સાફ કરવામાં આવે છે? ૬ ક્લોરીન વાયુ અને સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડના બ્લિચીંગમાં શું ભેદ. ૭ મીઠાં (સોડિયમ ક્લોરાઇડ) ઉપર સલ્ફ્યુરિક ઍસિડ નાંખી સ્હેજ તપાવવાથી શું પરિણામ આવે? ૮ હાઇડ્રોક્લોરિક ઍસિડ અને સિલ્વર નાઇટ્રેટ ભેગો કરવાથી શું પરિણામ આવે છે? એમાં નાઇટ્રિક ઍસિડ નાંખવાથી શું થશે.

પ્રકરણ ૧૨

૧ ગંધકનાં જુદા જુદા સ્વરૂપો વિષે ટૂંક નોંધ લખો. ૨ સલ્ફર ડાયૉક્સાઇડમાંથી સલ્ફર ટ્રાયૉક્સાઇડ કેમ મેળવશો ? બન્ને પાણીમાં ઓગાળવાથી કયાં દ્રાવણ ઉત્પન્ન થશે ? ૩ સલ્ફ્યુરીક ઍસિડના ઉપયોગ અને ગુણધર્મો વર્ણવો. ૪ સલ્ફાઇડ્સ અને સલ્ફેટ્સના નામ આપો. ૫ સલ્ફાઇડસમાંથી હાઇડ્રોજન સલ્ફાઇડ વાયુ કેમ મેળવશો. એ વાયુના ગુણધર્મો ગણાવો.

પ્રકરણ ૧૩

૧ ફૉસ્ફરસના બે સ્વરૂપની સરખામણી કરો. ફૉસ્ફરસના ઉપયોગ લખો. ૨ ફૉસ્ફરસ બળે છે ત્યારે કયો પદાર્થ ઉત્પન્ન થાય છે. એ પદાર્થના ઉપયોગ અને ગુણધર્મ વર્ણવો. ૩ લ્યુસિફર અને સેફ્ટી મેચ (દિવાસળી) કેમ તૈયાર કરવામાં આવે છે ? હાલમાં સેફ્ટી મેચ ઉપયોગમાં લેવાય છે એનું કારણ શું ?

પ્રકરણ ૧૪

૧ સિલીકા એટલે શું ? સિલીકાનો ઉપયોગ શું ? ૨ જુદા પ્રકારના કાચ કેમ ઉત્પન્ન થાય છે ? ૩ માટી, ઈંટ, પોર્સલેન, ક્વોર્ટ્ઝ, રેતી વગેરે ઉપર ટંક નોંધ લખો.

પ્રકરણ ૧૫

૧ લોખંડ કેટલાં સ્વરૂપમાં મળે છે ? એ દરેકનો ઉપયોગ અને વિશિષ્ટતા સમજાવો, લોખંડના ત્રણ પ્રકારની સરખામણી કરો. ૨ લોખંડ ઉપર હવાની શું અસર થાય છે ? એ અસરને અટકાવવા શું કરવામાં આવે છે ? ૩ તાંબાના ગુણધર્મો અને ઉપયોગ વર્ણવો. ૪ તાંબાને કશનળી (test tube) માં ગરમ કરીએ તો શું પરિણામ આવે ? તાંબાનો સલ્ફેટ (બ્લુ વીટ્રીઅલ) ને ગરમ કરવાથી શું પરિણામ આવે છે ? એનો ઉપયોગ શું ? ૫ તાંબાની કયી કયી મિશ્ર ધાતુ બને છે ? ૬ ઍલ્યુમિનિયમ કેવાં સ્વરૂપમાં મળી આવે છે ? ઍલ્યુમિ-

નિયમ ધાતુ કેમ ઉત્પન્ન કરવામાં આવે છે? ઍલ્યુમિનિયમના ઉપયોગ શું? ૭ ફટકડી (alum) ના સ્વરૂપ અને ઉપયોગ વિષે ટંક નોંધ લખો. ૮ માટી, ઇંટ, કૅાલ, સીમેન્ટ અને પ્લાસ્ટર ઑફ પેરીસ ઉપર ટૂંક નોંધ લખો. ૯ મૅગ્નેશિયમ ધાતુ કેવા સ્વરૂપમાં મળી આવે છે? એને બાળવાથી શું થાય છે. મૅગ્નેશિયમના ઉપયોગ વર્ણવો. ૧૦ પારો કયા સંયોજનમાંથી મળે છે? પારાના ઉપયોગ વર્ણવો. ૧૧ પારાના હાઇડ્રોક્લોરીક ઍસિડ સાથે કયા સંયોજન બને છે? બંનેના ગુણધર્મનું ટુંકમાં વર્ણન કરો. ૧૨ કૅલ્શિયમના કાર્બોનેટ-માંથી કળીચૂનો કેમ પેદા કરાય છે? એ બન્નેના ઉપયોગ વર્ણવો. ૧૩ ક્વીક લાઇમ (quick lime) સ્લેઇક્ડ લાઇમ (slaked lime) કોને કહે છે? ચૂનામાં પાણી રેડીએ તો શું પરિણામ આવે છે. ૧૪ કૅલ્શિયમ ફૉસ્ફેટ, અને કૅલ્શિયમ કાર્બોનેટ કેમ મળે છે અને એના ઉપયોગ દર્શાવો. ૧૫ એસિટિલીન વાયુ કેમ મેળવશો? એ વાયુનો ઉપયોગ વર્ણવો.

પ્રકરણ ૧૬

૧ નીચેના પદાર્થોના ઉપયોગ દર્શાવો? બોરેક્ષ, પોટાશિયમ પરમે-ન્ગેનેટ, પોટાશિયમ ક્લોરાઇડ, સિલ્વર ક્લોરાઇડ, સિલ્વર બ્રોમાઇડ, સ્ટાર્ચ, આયોડિન અને સિલ્વર આયોડાઇડ. દરેક પદાર્થોમાં કયાં તત્ત્વો ભાગ લે છે એ પણ દર્શાવો. ૨ આલ્કૉહૉલ શેમાંથી મળે છે? એના ઉપયોગ વર્ણવો. ૩ ત્રણ ઉદ્ભિજ ઍસિડના નામ આપો અને દરેકના ઉપયોગ વર્ણવો.

પારિભાષિક શબ્દસૂચિ

પદાર્થવિજ્ઞાન

Acceleration પ્રવેગ
Air-pump હવા પંપ
Air-ship હવાઇ જહાજ
Air-tight હવાચુસ્ત
Amber કેરબો
Amplitude તરંગ ઊંચાઇ
Analysis પૃથક્કરણ
Anti-clockwise અપસવ્ય, પ્રતિદક્ષિણ
Apparatus ઉપકરણ
Area ક્ષેત્રફળ
Atmosphere વાતાવરણ
Attraction આકર્ષણ
Axis ધરી
Axle આરો, આરી
Barometer વાયુભારમાપક
Battery કોષમાળા, બૅટરી
Beam પટી
Bending વળાંક
Biplane દ્વિપાંખી વિમાન
Calculus કલનશાસ્ત્ર
Carbon કોલસો
Cell કોષ
Centre of curvature વર્તુલમધ્ય
,, gravity ગુરૂત્વમધ્યબિંદુ
Centrifrugal કેન્દ્રત્યાગી
Centripetal કેન્દ્રગામી
Circuit માર્ગ
Circular motion ચક્રગતિ
Coefficient of friction ઘર્ષણાંક
Coefficient of linear expansion રેખીક પ્રસરણાંક
Coefficient of superficial expansion પૃષ્ટ પ્રસરણાંક
Coefficient of volume expansion કદ પ્રસરણાંક
Coil ગુંચળું
Compound સંયોજન
Concave અંતગોળ
Conduction વહન
Conductor વાહક
Condensation દ્રવીભવન
(in sound) ઘનીભવન
Constant એકમૂલ્ય; નિશ્ચલ
Convection નયન

Convex બહિર્ગોળ
Clockwise સવ્ય
Cranes ઊંટડા
Deflection વર્તન
,, angular કોણાવર્તન
Degree કોણ, અંશ
Density ઘનતા
Dewpoint ઝાકળ બિંદુ
Diagonal કર્ણ
Diameter વ્યાસ
Diver's suit મરજીવો પોષાક
Dynamo ડાયનેમો
Echo પડઘો
Eccentric અપકેન્દ્રી
Effect અસર
Efficiency કાર્યસાધકતા
Elastic સ્થિતિસ્થાપક
Elasticity સ્થિતિસ્થાપકતા
Electric વિદ્યુત સંબંધીનું
Electric battery વિદ્યુત કોષો
,, pressure વિદ્યુત દબાણ
,, voltage વિદ્યુત દબાણ
,, conductor વિદ્યુત-વાહક
Electric charge વિદ્યુતભાર
,, positive ધનવિદ્યુત ભાર
,, negative ઋણ વિદ્યુતભાર
,, spark વિદ્યુત તણખા
Electric conductor, insulated અલગ વાહક
,, insulators વિદ્યુત રોધકો
,, current વિદ્યુતપ્રવાહ
,, machine વિદ્યુતયંત્ર
,, discharge વિદ્યુત વિભાર
,, condenser વિદ્યુત સંચારક
Electric bell વિદ્યુત ઘંટડી
Electricity વિદ્યુત
,, positive ધન વિદ્યુત
,, negative ઋણ વિદ્યુત
,, static ઘર્ષણ વિદ્યુત
,, current પ્રવાહ વિદ્યુત
Electrically charged વિદ્યુત-ભારવાહી
Electromotive force વિદ્યુત-ચાલકબળ
Electroscope વિદ્યુતદર્શક
,, pithball ગરના ગોળાનો વિદ્યુતદર્શક
Electroscope, gold leaf સોનાના વરખનો વિદ્યુત દર્શક
Energy કાર્યશક્તિ
Energy conservation of શક્તિસંરક્ષણ
Energy, kinetic ગમનશક્તિ
,, potential સંભાવ્યશક્તિ

Energy, transfer of શક્તિનું રૂપાંતર
Equation સમીકરણ
Equilibrant સમતોલબળ
Equator વિષુવવૃત્ત
Expansion પ્રસરણ
Focal length કેન્દ્ર લંબાઇ
Focus કેન્દ્ર
Force જોર, બળ
,, of gravity ગુરૂત્વાકર્ષણબળ
Force pump દાબપંપ
Freezing point ગલનબિંદુ
Frequency કમ્પસંખ્યા
Friction ઘર્ષણ
Fulcrum ફલક
Fundamental મૂળ
,, units મૂળ એકમ
Galvanometer ગૅલ્વેનોમીટર
Glacier હિમપ્રવાહ
Glider સરતું વિમાન
Governor નિયામક
Gravitation ગુરૂત્વાકર્ષણ
Heat-energy ઉષ્માશક્તિ
Homogeneous એકરૂપ
Horizontal સમસુત્ર, ક્ષિતિજ-સમસુત્ર
Hydraulic press જળદાબયંત્ર
Hydrometer દ્રવતુલા

Image પ્રતિબિંબ
,, real સાચું પ્રતિબિંબ
,, virtual આભાસિત ,,
Incident ray આપાતકિરણ
Inclined plane ઢાળ
Inertia નિષ્ક્રિયત્વ
Ink-filler શાહીનળી
Insulated અલગ; અલગ કરેલો
Inversely proportional વ્યુત્ક્રમ પ્રમાણમાં
Impressed force સંસ્કારબળ
Irregular વિરૂપાકાર
Kinetic energy ગમનશક્તિ
Lactometer પયતુલા
Latent heat ગુપ્ત ઉષ્ણતા
,, ,, of fusion ગલન ગુપ્ત ઉષ્ણતા
,, ,, of vaporisation બાષ્પીભવન ગુપ્ત ઉષ્ણતા
Law નિયમ
Lever ઉચ્ચાલન
Linear motion રેખિક ગતિ
Liquefaction દ્રવિભવન
Loud speaker ધ્વનિવર્ધક
Magnet લોહચુંબક; ચુંબક
Magnet, bar ગજિયો લોહચુંબક
Magnet, electro વિદ્યુતચુંબક
,, horse-shoe ઘોડાનાળ લોહચુંબક

Magnetism ચુંબકત્વ
,, induced ઉપપ્રાદિત ચુંબકત્વ
Magnetic lines of force ચુંબક બળરેખા
Magnetic pole ચુંબક ધ્રુવ
Magnetic needle લોહચુંબક સોય
Magnifying glass વિપુલ દર્શક કાચ
Mass વજન, દ્રવ્યમાન, દળ
Maximum મહત્તમ
Mechanical equivalent of heat ઉષ્ણતાનો કાર્યસમદર્શક
Mechanics યંત્રશાસ્ત્ર
Meteor ખરતા તારા, ઉલ્કા
Meteorology વાયુવિજ્ઞાન
Minimum લઘુતમ
Molecules અણુઓ
Momentum વજનવેગ
Moment, turning પરિબળ
Motion ગતિ
Multiple echoes ગુણક પડઘા
Negative અપસવ્ય(સંજ્ઞા માટે)
,, ઋણ (વિદ્યુત માટે)
Normal લંબ
North pole ઉત્તર ધ્રુવ
Observatory વેધશાળા
Opaque અપારદર્શક
Oscillation આંદોલન
Parellelogram of forces બળનો સમાન્તર બાજુ ચતુષ્કોણ
Parachute વિમાની છત્રી
Pendulum લોલક
Penumbra અર્ધ ખગ્રાસ
Perpendicular લંબ
Piston પિસ્ટન
Pithball ગરનો ગોળો.
Pointer દર્શક
Pole ધ્રુવ
Positive સવ્ય,ધન (વિદ્યુત)
Potential energy અવસ્થા-શકિત, સભાવ્ય શકિત
Power કાર્યત્વરા
Pressure દબાણ
Prism ત્રિપાર્શ્વકાચ
Proof plane વિદ્યુતશોધક
Property ગુણધર્મ
Propeller વાહક પંખો
Pulley ગરગડી
Quantity, physical રાશી (ભૌતિક)
Radiation ઉષ્ણતાગમન
Radius of curvature વર્તુલ-ત્રિજ્યા
Rarefaction (sound) સ્ફારી-ભવન
Reaction પ્રત્યાઘાત

Reaction chemical સંક્રિયા, ક્રિયા
Reflection પરાવર્તન
Refraction વક્રિભવન
Refractive Index વક્રિભવનાંક
Resistance (obstruction) અવરોધ
Resistance (electrical) પ્રતિરોધ
Resultant velocity સમાસ-વેગ
Resultant force સમાસબળ
Repulsion અપાકર્ષણ
Retardation પ્રતિવેગ
Rolling friction લોલઘર્ષણ
Scale માપપટી, આંકપટી
Scattering અવિરેખણ
Siphon બકનળી
Sensitive તિવ્ર
Sound ધ્વનિ, અવાજ
Sound track ધ્વનિરેખ
Solution દ્રાવણ
Solvent દ્રવ
South pole દક્ષિણ ધ્રુવ
Specific gravity વિશિષ્ટઘનતા
Spectrum રંગપટ
Speed ઝડપ
Spring balance કમાનકાંટો
Syringe પીચકારી

Tantalus cup વાસુદેવ પ્યાલા
Temperature ઉષ્ણુમાન
Thermometer ઉષ્ણુતામાપક
Transfer of heat ઉષ્ણુતા નિર્ગમન
Transluscent અર્ધપારદર્શક
Transparent પારદર્શક
Turn આમળા
Tuning fork સ્વરશૂલ
Umbra પ્રચ્છાયા
Unit એકમ
Ununiform અનેકમુલ્ય
Upthurst શિરદાબ
Vacuum શૂન્યાવકાશ
,, cleaner વેકયુમ ક્લીનર
,, brake ,, બ્રેક
,, pump વાતાકર્ષક પંપ
Valve વાલ્વ
Variable ચલિત
Velocity વેગ
Vertical શિરોલંબ
Vertical reaction of force શિરોલંબભાર
Vibration ધ્રુજારી
Volume કદ
Wave તરંગ, મોજું
Wave length તરંગલંબાઇ
Weight ભાર
Work કાર્ય

રસાયણ

Acid તેજાબ
Active જલદ
Allotropic વિવિધરૂપ
Amorphous અસ્ફટિક
Atom પરમાણુ
Atomic weight પરમાણુ ભારાંક
Breaking up વિભાજન
Burning જ્વલન
Catalysis ઉદ્દિપન
Calalytic agent ઉદ્દિપક પદાર્થ
Casting ઢાળ પાડવો
Cast iron ભરતર લોખંડ
Charcoal કોલસો
Coal ખનિજ કોલસો
Coke કોલસી
Combustion દહનક્રિયા
Compound સંયોજન
Concentrated જલદ
Crystal સ્ફટિક, કેલાસ
Crystallisation કેલાસીભવન
,, water of સ્ફટિક જળ
Cylinder નળાકાર પાત્ર
Decantation નિતારણ
Deflagrating spoon પ્રજ્વલન પળી
Dehydrator ભેજહારક
Delequescent ભેજદ્રાવક
Delivery tube વિમોચન નળી
Dilute મંદ
Disinfectant જંતુનાશક
Displacement સ્થલાંતર કરવું તે
Efflorescent નિસ્રાવ
Element તત્ત્વ
Filteration ગાળણ
Flame જ્યોત
Flowers of sulphur ફૂલગંધક
Hard water કઠિન પાણી
Hygroscopic ભેજગ્રાહક
Inactive અક્રિય
Molecule અણુ
Multiple ગુણક
Neutral શિથિલ
Organic ઉદ્ભિજ (પ્રાણીજ)
Organisms ઉદ્ભિજ, કણો
Permanent સ્થાયી
Precipitate ભેળ
Rolled sulphur લાકડિયો ગંધક
Rust કાટ
Saturated સમ્પૃક્ત
Soft water નરમ પાણી
Solution દ્રાવણ
Soluble દ્રાવ્ય
Solute દ્રાવ
Solvent દ્રાવક
Test tube કશનળી
Temporary અસ્થાયી
Violet જાંબલી
Ultra-violet પાર જાંબલી
Wrought iron ઘડતર લોખંડ

એજંટ:

જનરલ બુક ડીપો, મુંબઇ ૨.